
МАССОВАЯ
РАДИО
БИБЛИОТЕКА
А. Г. СОБОЛЕВСКИЙ
радио-
любительская
мастерская

МАССОВАЯ РАДИОБИБЛИОТЕКА

Выпуск 747

А. Г. СОБОЛЕВСКИЙ

РАДИОЛЮБИТЕЛЬСКАЯ МАСТЕРСКАЯ



«ЭНЕРГИЯ»
МОСКВА 1972

6Ф2.9
С 54
УДК 621.3.049

Соболевский А. Г.
С 54 Радиолюбительская мастерская, М., «Энергия», 1972

64 с, с илл. (Массовая радиобиблиотека; Вып. 747).

В брошюре рассказывается о том, как устроить радиолюбительскую мастерскую, в которой был бы набор инструментов и материалов, рабочей стол, тиски, паяльник и пр. Описаны особенности материалов, применение их в радиотехнике, подготовка деталей и проводов к пайке, приемы монтажной пайки. Подробно рассказано о современном радиолюбительском монтаже — проволочном и печатном.

Брошюра предназначена для начинающих радиолюбителей.

3-4-5
312-70

6Ф2.9

Соболевский Анатолий Георгиевич

Радиолюбительская мастерская

Редактор *Ю. Н. Рысев*
Обложка художника *А. А, Иванова*
Технический редактор Л. *А. Степанова*
Корректор *Е. В. Житомирская*

Сдано в набор 29/IV 1970 г. Подписано к печати 26/X-1971 г. Т-06286.
Формат 84Х108 1/32 Бумага типографская № 3 Усл. печ. л. 3,36
Уч.-изд. л. 4,05 Тираж 120.000 экз. Цена 17 коп. Зак. 561

Издательство «Энергия». Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10.

Владимирская типография Главполиграфпрома
Комитета по печати при Совете Министров СССР.
Гор. Владимир, ул. Победы, д. 18-б.

РАБОЧЕЕ МЕСТО И ИНСТРУМЕНТ

Итак, вы увлеклись радиолюбительством. Уже собран первый приемник, на очереди сборка радиолы, а там,дело дойдет до магнитофона, телевизора... Словом, планы обширны!

Но вспомните, как вы работали над своей первой конструкцией. Сколько было хлопот, когда потребовалось изготовить монтажную панель. Да что панель — проделать отверстие, и то проблема! А намотка катушки трансформатора — вы работали над этим несколько дней. И все из-за того, что не было подходящего картона для каркаса, не было провода для обмотки. И вы даже не знали, чем отличается провод ПЭВ 0,15, который требовался по описанию, от провода ПЭЛ 0,18, оказавшегося у вашего приятеля. А что такое полистирол, из которого рекомендовали изготовить каркас контурной катушки? Можно ли вместо гетинакса применить фанеру? И что такое конденсаторная бумага? А как нарезать резьбу для винта, который крепит ручку настройки?

Если вы решили серьезно заниматься радиолюбительством, то надо обзавестись хотя бы самыми необходимыми материалами и инструментом, оборудовать «радиолюбительское рабочее место» — организовать домашнюю мастерскую. Поверьте, вы не пожалеете о времени и силах, затраченных на ее организацию.

Конечно, очень удобно иметь постоянный рабочий уголок, где можно разместить столик и шкафчик для хранения инструмента и деталей (рис. 1). Если ваши квартирные условия этого не позволяют, то оборудуйте передвижное рабочее место. Для этого запаситесь листом толстой фанеры, который можно положить на обеденный или письменный стол, не повредив их. К листу фанеры приклейте бортики, чтобы гайки, винты и другие мелкие детали не скатывались с фанеры во время работы.

Очень большое значение имеет правильная организация работы. Никогда не следует загромождать стол деталями и инструментом, которые не требуются во время работы. Их надо хранить в отдельном месте, причем так, чтобы любой инструмент можно было легко найти, когда он потребуется. Мелкие радиодетали (конденсаторы, резисторы) хранят в специальных кассах (рис. 2), которые легко сделать самостоятельно из тонкой фанеры. Инструмент также следует хранить в специально приспособленных ящиках (рис. 3). Перед началом работы на столе раскладывают наиболее часто употребляемый инструмент так, чтобы его удобно было брать. По окончании той или иной рабочей операции инструмент кладут на прежнее место, чтобы не искать его в следующий раз.

Рабочее место должно быть хорошо освещено. Свет должен падать сверху, спереди и чуть слева. При мелких монтажных работах удобно пользоваться небольшой настольной лампой с абажуром.

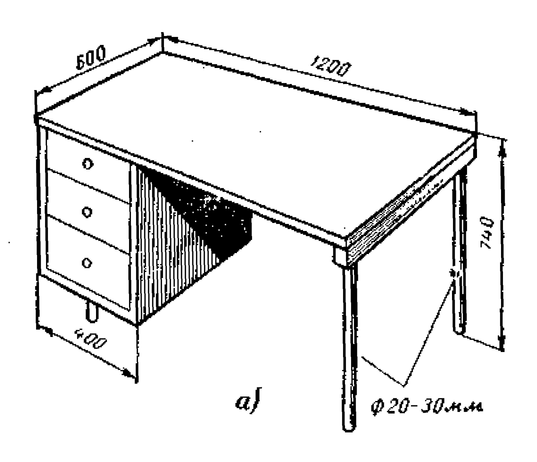


Рис. 1. Радиолюбительский монтажный стол *(а)* и тумбочка с откидным столом (б).

На рабочем столе в правом углу надо иметь несколько розеток для подключения электропаяльника, автотрансформатора с блоком питания, измерительных приборов. Для передвижного рабочего места смонтируйте небольшой щиток с тремя-четырьмя розетками, снабженный шнуром длиной 2—3 *м* с вилкой для подключения к сети (рис. 4).

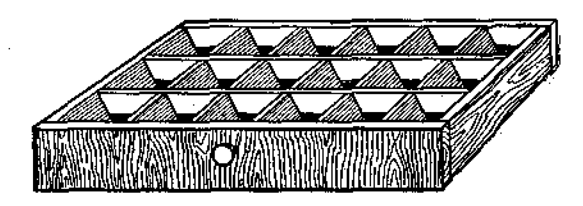


Рис. 2. Кассы для хранения мелких радиодеталей.

Рис. 3. Специальные ящики для хранения инструмента.

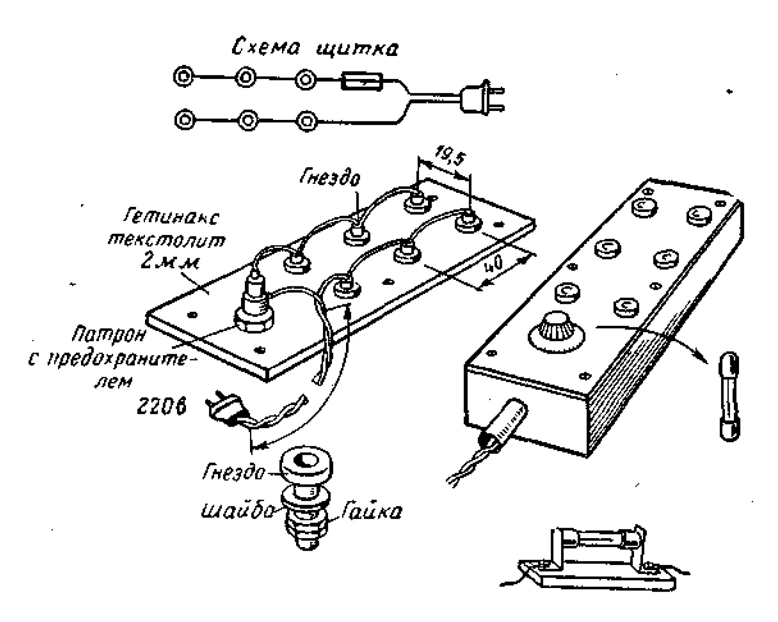


Рис. 4. Переносный щиток-размножитель с предохранителем.

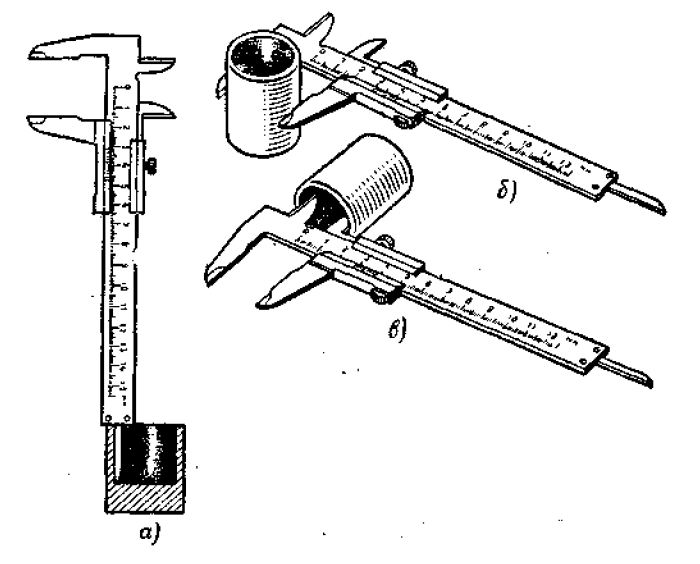


Рис. 5. Измерения при помощи штангенциркуля,
а — глубины; *б* — наружного диаметра; *в* — внутреннего диаметра.

Вы, вероятно, уже убедились, что без слесарного и специального электромонтажного инструмента радиолюбительство невозможно. Кроме того, необходим хотя бы простейший мерительный и разметочный инструмент, с помощью которого можно быстро и точно разместить центры будущих отверстий на шасси, монтажных планках, наметить контуры сгиба или обрезки и т. п. Поэтому нужно иметь линейку с делениями, угольник и циркуль для вычерчивания окружностей на металле (для этого у циркуля должны быть хорошие стальные ножки-иглы). Вообще весь мерительный и разметочный инструмент должен быть стальным, слесарным. Этот набор неплохо пополнить кронциркулем и нутромером — приборами для

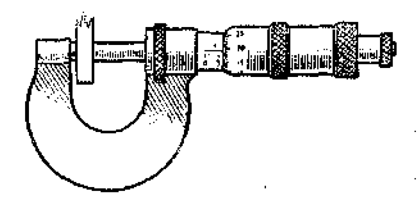




Рис. 6. Микрометр.

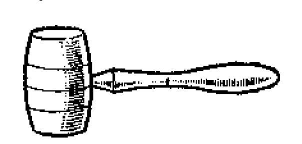


Рис. 7. Киянка — деревянный молоток.

измерения диаметров стержней и отверстий. Очень хорошо обзавестись универсальным мерительным инструментом — штангенциркулем, который позволяет измерять с большой точностью наружный и внутренний диаметры деталей круглого сечения, определять размеры плоских деталей, глубину отверстий и выполнять разметку (рис. 5). Для измерения размеров деталей, проводов и т. п. с очень большой точностью (до 0,01 *мм)* применяют микрометр (рис. 6).

В наборе разметочного инструмента обязательно надо иметь чертилку и кернер. Чертилка — стальной стержень с тонким закаленным острием, служащий для нанесения разметочных линий на металл и пластмассу. Кернер представляет собой короткий стальной стержень с конусообразно заточенным закаленным концом. С помощью кернера в центре будущего отверстия делают небольшое углубление, ударяя по кернеру молотком. Если центр отверстия не «накернить», то сверло может уйти в сторону.

Слесарные стальные молотки бывают с квадратным или круглым бойком весом от 50 до 500 *г.* Для рубки и гнутья удобны тяжелые молотки, мелкие работы выполняют с помощью небольших молотков весом до 100 *г.* При работе с мягкими металлами (например, алюминием), на которых стальной молоток оставляет вмятины, применяют молотки из мягких цветных металлов (медные, алюминиевые), текстолитовые или деревянные. Олень удобна для правки мягких металлов деревянная киянка (рис. 7).

При слесарных работах широко используют напильники различного профиля (рис. 8). Например, плоские напильники применяют при опиливании плоских наружных и внутренних поверхностей, а также сквозных отверстий прямоугольной формы. Для этих же целей можно использовать квадратные напильники, особенно для выпиливания квадратных углов отверстий. Трехгранные напильники особенно удобны для выпиливания острых углов. Закругления в па-

зах, фасонные отверстия, распиливание круглых и овальных отверстий выполняют круглыми напильниками. Точную обработку и подгонку деталей делают с помощью надфилей — миниатюрных напильников, которые, как и напильники, могут быть самого' разнообразного профиля.

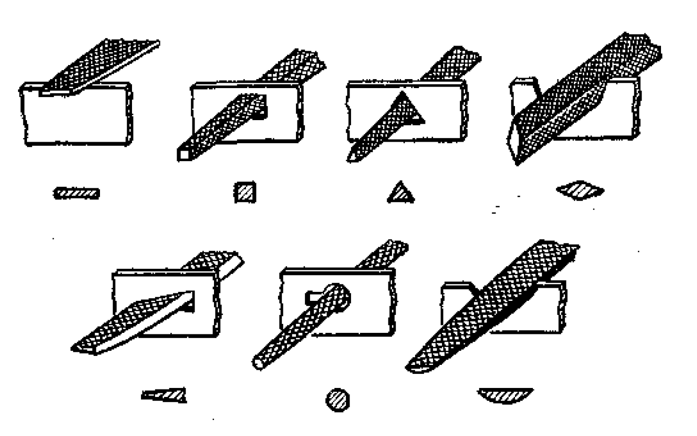


Рис. 8. Применение напильников различной формы.

Напильники должны быть с различной насечкой — драчевые напильники (с грубой насечкой) и личные (с мелкой насечкой). Твердые металлы лучше обрабатывать личным напильником. Обязательно обзаведитесь стальной щеткой для чистки напильников (рис. 9), так как их насечка легко засоряется («засаливается») вязкими металлами. Напильники с мелкой насечкой надо прочищать как можно чаще. Для зачистки мест паек пользуйтесь только старыми напильниками, так как свинцовую и оловянную стружку очень трудно удалять из насечки даже с помощью стальной щетки. Все напильники должны иметь удобные точеные деревянные ручки. Чтобы предохранить ручку от раскалывания, на ее внутренний конец насаживают металлическое кольцо — оно обжимает тот конец ручки, в который входит хвостовик напильника. Имейте в виду, что напильники очень хрупки, поэтому ими нельзя пользоваться в виде рычага, по ним нельзя ударять или пользоваться ими как молотками.



Рис. 9. Металлическая щетка для очистки напильников и зачистки металлических поверхностей.

Совершенно необходимы в мастерской тиски, в которых зажимают обрабатываемые детали. Желательно приобрести небольшие настольные тиски с губками шириной 40—60 *мм,* которые крепят к столу при помощи прижимного винта. Для постоянного рабочего места можно рекомендовать поворотные тиски со стальными на-

кладными губками. Для обработки небольших деталей в руках надо иметь небольшие ручные тиски. Чтобы на обрабатываемой детали не оставалось следов от насечки стальных губок тисков, нужно заготовить предохранительные уголки из меди, алюминия, плотного картона или кожи. Эти уголки надеваются на губки тисков перед тем, как зажать в них обрабатываемую деталь.

Желательно иметь в мастерской специальные ножницы по металлу—ими можно резать листовую углеродистую сталь толщиной до 1,5 *мм,* алюминий толщиной до 2 *мм.* Кромка отрезаемого металла получается значительно ровнее, если отрезать вначале заготовку на 3—5 *мм* больше требуемых размеров, а затем вторично подрезать ее до нужной величины. Точно так же, чтобы получить чистую кромку при вырезании металлического диска, нужно вырезать его в два приема.

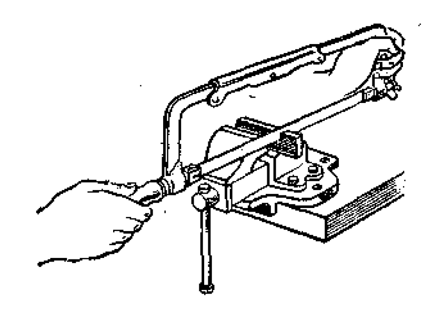


Рис. 10. Ножовка по металлу.

Для распиливания металла служит слесарная ножовка (рис. 10), представляющая собой раздвижной станок, в котором натянуты сменные закаленные полотна с мелкими зубьями. Для работы с тонким металлом и для ажурного выпиливания используют слесарный лобзик (рис. 11); можно использовать и обычный лобзик, но со специальными пилками по металлу.

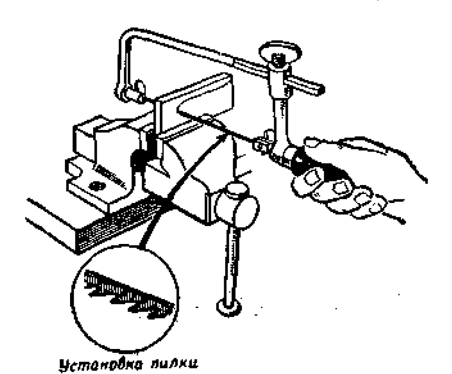


Рис. 11. Лобзик по металлу.

Обязательно надо приобрести небольшую ручную дрель с набором сверл различного диаметра. Двухскоростные дрели с упором имеют патрон для сверл диаметром до 8—10 *мм,* малые дрели — патрон для сверл диаметром до 5 *мм.* Очень удобны небольшие электродрели пистолетного типа. Кстати, если такую дрель закрепить на специальной подставке, то ее можно превратить в небольшой сверлильный станок и получать значительно более точные отверстия, чем при ручном сверлении. Можно также использовать электродрель для вращения наждачного или полировочного круга, стальной щетки и т. п.

Хорошо сделать специальную подставку для сверл (рис. 12), указав около каждого сверла его диаметр, чтобы легко находить нужное сверло. Самое большое сверло в наборе должно соответствовать тому максимальному диаметру, который можно зажать в патроне дрели. Диаметр самого маленького сверла должен быть

равен 0,5—1 *мм*. Остальные сверла надо подобрать так, чтобы диаметр каждого следующего сверла был больше на 0,5 или 0,2 *мм*.

В вашей мастерской должно быть несколько отверток для работы с различными винтами или шурупами.

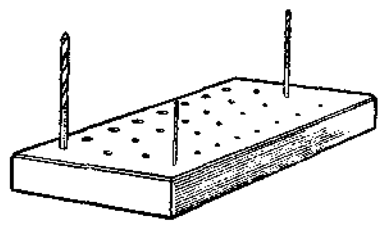


Рис. 12. Подставка для сверл.

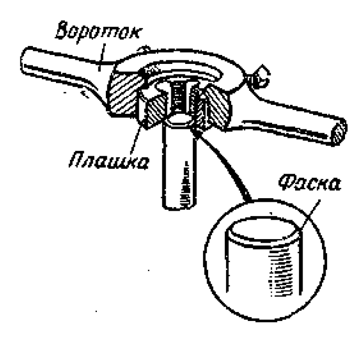


Рис. 14. Плашка для нарезки резьбы, установленная в воротке.



Рис. 13. Нарезка резьбы с помощью метчика.

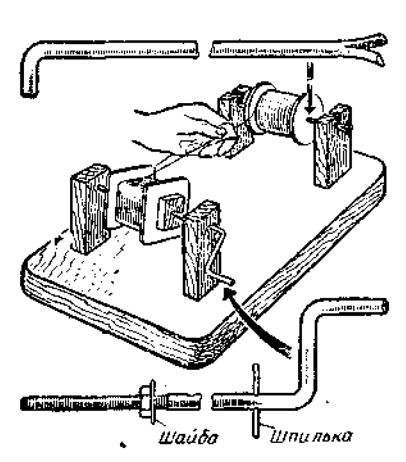


Рис. 15. Простейший намоточный станок.

Неплохо иметь в инструментальном наборе метчики к плашки для нарезания резьбы диаметром 2—6 *мм*. Комплект метчиков (рис. 13) обычно состоит из трех метчиков, причем номер метчика обозначается соответственно одной, двумя или тремя рисками на его хвостовике. Сначала резьба нарезается начерно метчиком № 1, затем углубляется метчиком № 2 и отделывается метчиком № 3. Вращают метчик с помощью воротка. Для получения полноценной резьбы надо правильно выбрать диаметр отверстия под резьбу. Если диаметр отверстия велик, то резьба получится неглубокой и при ввертывании винт сорвется. Если диаметр отверстия мал, то метчик будет заедать и его можно сломать. В зависимости от диаметра резьбы диаметр отверстия должен быть следующий: при диаметре резьбы 2 *мм* диаметр отверстия

1,6 *мм,* при 2,6—2,1 *мм,* при 3—2,5 *мм,* при 4—3,3 *мм,* при 5—4,1 *мм,* при 6—4,9 *мм.*

Нарезание резьбы на винтах и болтах производится плашками (рис. 14), вставленными в специальные воротки. Стержень, на котором нарезается резьба, зажимают в тиски и на его конце снимают напильником фаску. При нарезании резьбы диаметром до 5 *мм* диаметр стержня должен равняться номинальному диаметру резьбы, а при нарезании резьбы диаметром более 5 *мм* — быть меньше его на 0,2—0,3 *мм.*

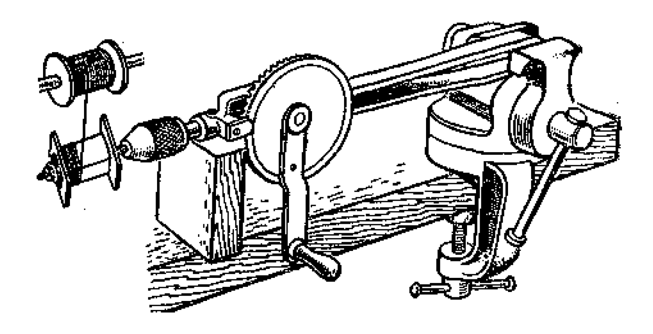


Рис. 16. Использование дрели в качестве намоточного станка.

Очень полезно изготовить хотя бы простейший намоточный станок (рис. 15) — он облегчит изготовление трансформаторов,' дросселей, катушек индуктивности. Дрель тоже можно легко превратить в намоточный станок (рис. 16).

К числу собственно радиомонтажных инструментов относятся различные плоскогубцы, паяльники, пинцеты, кусачки (рис. 17).

Плоскогубцы служат для отвертывания и завертывания гаек, для выгибания проводов и т. п. Существует много разновидностей плоскогубцев. Надо постараться приобрести небольшие плоскогубцы с шириной губок около 6 *мм* и толщиной губок у их конца около 1—1,5 *мм,* а также более мощные с шириной губок до 10 *мм.* Очень удобны плоскогубцы с удлиненными губками (так называемые «утиный нос») для работы в труднодоступных местах. Полезно также иметь монтерские пассатижи — сильные, точно сделанные плоскогубцы, снабженные боковыми режущими плоскостями и рифленым захватом, очень удобным для отвертывания больших гаек.

Желательно иметь и круглогубцы, с помощью которых удобно делать петли из проволоки (рис. 18), сгибать по радиусу захваты, хомутики и т. п.

Совершенно необходимо иметь кусачки, причем как обычные, так и бокорезы. Кусачки обоих видов дополняют друг друга. В зависимости от расположения проводов и деталей применяют те или другие кусачки.

При покупке плоскогубцев и кусачек прежде всего следует обращать внимание на то, чтобы у них был легкий ход, но в то же время они не были расшатаны в шарнире. Работать с инструментом,

Плоскогубцы
Кусачки для провода
Кусачки для гвоздей
Кусачки для мягкого провода

а) б) в) г)

д) е) ж) з) и)

Рис. 17. Монтажный инструмент.

а — небольшие плоскогубцы; б —усиленные плоскогубцы; *в* — плоскогубцы «утиный нос»; г —монтерские пассатижи; *д* — небольшие круглогубцы; *е*—усиленные круглогубцы; *ж* — овалогубцы; з —обычные кусачки; *и* — бокорезы.

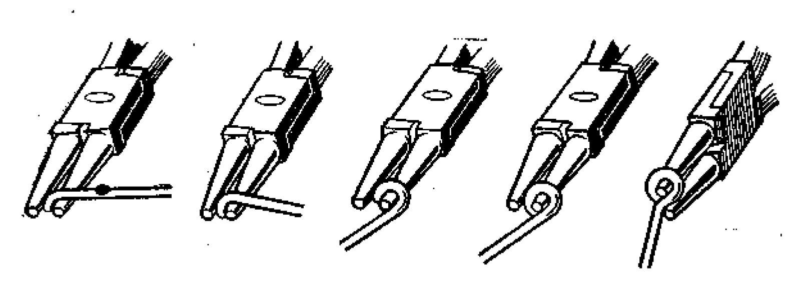


Рис. 18. Изготовление петельки с помощью круглогубцев.

который разжимается с трудом, очень неудобно. И надо убедиться, что губки инструмента на всем протяжении сходятся плотно и без перекоса.

Паяльников желательно иметь несколько и, конечно, они должны быть электрические, так как делать радиомонтаж паяльниками, которые нагреваются на огне, очень неудобно. Основным при монтаже является небольшой паяльник мощностью 40—60 *вт*. Некоторые предпочитают работать с торцевыми паяльниками, у которых паяльный стержень прямой, а некоторые радиолюбители считают более удобными паяльники со стержнями, загнутыми под углом 90°.

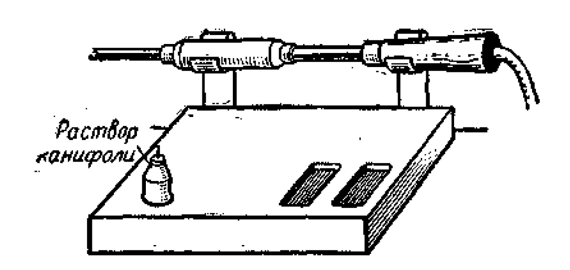


Рис. 19. Подставка для паяльника.

Для мелких работ, особенно связанных с пайкой полупроводниковых приборов, которые очень боятся перегрева, надо иметь маленький паяльник с диаметром стержня 4—5 *мм*, для крупных паек (пайка провода к массивному металлическому шасси, экрану, водопроводной трубе и т. п.) требуется мощный паяльник. В качестве такого паяльника можно использовать большой молотковый паяльник, нагреваемый на огне.

Для паяльника необходима подставка (рис. 19) с двумя коробочками для канифоли и припоя и углублением для баночки с паяльной жидкостью — раствором канифоли в спирте.

Собственно, на этом оборудование радиомонтажной мастерской инструментами и приспособлениями первой необходимости можно считать законченным. Однако на рабочем месте очень полезен универсальный источник питания. С помощью такого источника можно подать в схему любое напряжение, проверить, как она будет вести себя при его изменении. Словом, он незаменим при эксперименте.

В источник питания входит автотрансформатор для регулировки напряжения питающей сети, высоковольтный и низковольтный выпрямители и понижающий трансформатор для получения различных переменных напряжений для питания цепей накала ламп. Оформить источник питания можно в виде либо переносного блока, либо силового щитка, постоянно смонтированного на рабочем столе.

Автотрансформатор в отличие от обычного трансформатора имеет всего одну секционированную обмотку. Промышленность выпускает несколько типов автотрансформаторов с плавной и ступенчатой регулировкой выходного напряжения. Наиболее распространенный из них ЛАТР (лабораторный автотрансформатор) иногда бывает в продаже.

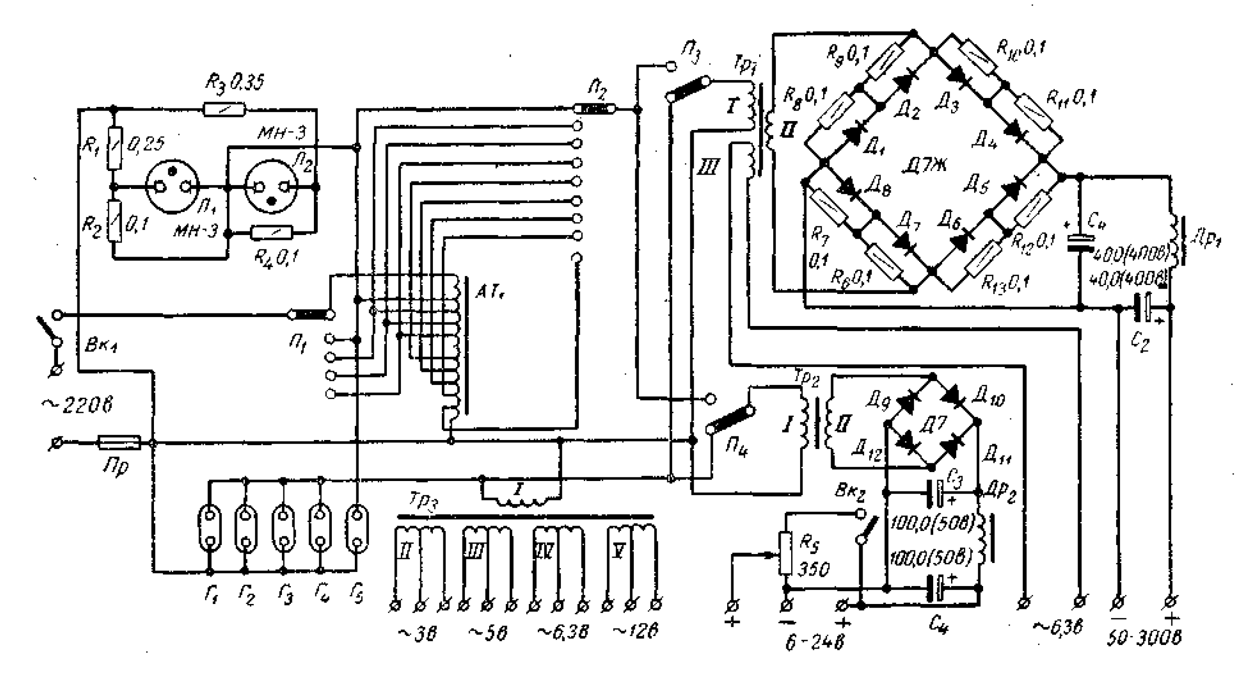


Рис. 20. Принципиальная схема источника питания.

Автотрансформатор со ступенчатой регулировкой напряжения несложно изготовить самому. В качестве остальных трансформаторов можно использовать трансформаторы либо от подходящих радиоприемников и телевизоров, либо изготовить их самостоятельно.

Полная схема источника питания приведена на рис. 20. Автотрансформатор AT_1 рассчитан на подключение к сети переменного тока напряжением 220 *в*. Для контроля напряжения, поступающего на все устройства блока питания и гнезда $Л—Г_5$, к выходу AT_1 подключены две неоновые индикаторные лампочки $Л_1$ и $Л_2$. Делители напряжения (резисторы $R_1—R_4$) в цепях питания этих ламп рассчитаны так, чтобы при нормальном напряжении сети загоралась лампа $Л_1$, а при повышении напряжения в сети до 231 *в* загоралась вторая лампа $Л_2$. При снижении напряжения в сети до 198 *в* лампы гаснут. Таким образом, сопротивления резисторов $R_1—R_4$ подбирают в зависимости от величины потенциала зажигания этих ламп. В данном случае применены неоновые лампы типа МН-3, потенциал зажигания которых 51—55 *в*.

Переключатель $П_1$ на пять положений служит для ступенчатой регулировки выходного напряжения автотрансформатора. Он позволяет поддерживать напряжение на первичных обмотках силовых трансформаторов в пределах 220 *в* $\pm 10\%$ при изменении напряжения сети от 146 до 230 *в*. Второй ступенчатый переключатель $П_2$ на девять положений служит для ступенчатой регулировки входного напряжения, поступающего на трансформаторы $Тр_1$ и $Тр_2$, работающие в выпрямительных устройствах. При этом переключатели $П_3$ и $П_4$ надо перевести в верхнее по схеме положение, причем в зависимости от положения ползунка переключателя $П_2$ на первичную обмотку трансформатора $Тр_1$ может быть подано переменное напряжение от 86 до 220 *в*. Точно так же регулируют напряжение, поступающее на трансформатор $Тр_2$ (переключатель $П_4$ в верхнем положении). Этим достигается ступенчатое изменение напряжения, снимаемого с вторичных обмоток трансформаторов $Тр_1$ и $Тр_2$.

Оба выпрямителя смонтированы по мостовым схемам на восьми германиевых диодах типа Д7Ж ($Д_1—Д_8$), причем в каждое плечо моста включено по два последовательно соединенных диода. Сглаживание пульсации выпрямленного напряжения в обоих выпрямителях производится с помощью П-образных LC-фильтров. В высоковольтном выпрямителе в состав фильтра входят конденсаторы $C1—C_2$ и дроссель $Др_1$ в низковольтном выпрямителе — конденсаторы $C_3—C_4$ и дроссель $Др_2$.

Чтобы плавно изменять выходное напряжение низковольтного выпрямителя на любом пределе ступенчатой регулировки, к его выходу с помощью выключателя $Вк_2$ подключают проволочный потенциометр R_5 и с его движка снимают плавно регулируемое напряжение.

Понижающий трансформатор $Тр_3$ имеет четыре вторичных обмотки и предназначен для получения различных переменных напряжений от 1,5 до 26,3 в. Все вторичные обмотки имеют выводы от середины, что позволяет значительно расширить пределы выбора напряжений. Наименьшее напряжение 1,5 в можно снять с половины обмотки *II* трансформатора $Тр_3$. При последовательном соединении всех обмоток выходное напряжение будет равно 26,3 *в*. Обмотка *IV* с напряжением 6,3 в в основном предназначена для питания накальных цепей, так как накальную обмотку трансформатора $Тр_1$ не всегда можно использовать для этой цели, например

в случае ступенчатой регулировки анодного напряжения, на трансформатор $Тр_1$ поступает лишь часть напряжения с автотрансформатора и напряжение на обмотке *III* трансформатора $Тр_1$ ниже 6,3 *в*.

Все детали источника питания свободно размещаются на панели размерами 250Х400 *мм* из листового текстолита, гетинакса или эбонита толщиной 5—10 *мм*. В крайнем случае можно использовать фанеру толщиной 8—10 *мм*, только переключатели $П_1$ и $П_2$ придется смонтировать на отдельных изоляционных панелях и установить на панели так, чтобы токонесущие части не соприкасались с фанерой. Перед монтажом фанеру надо хорошо высушить и покрыть изоляционным лаком.

Сердечник автотрансформатора *АТ*, набирают из стандартных пластин Ш-30 электротехнической стали. Сечение сердечника 12 $см^2$, толщина набора 40 *мм*. Пластины при сборке укладывают в перекрышку так, чтобы прямоугольные и Ш-образные пластины чередовались на концах каркаса. Если пластины с просечкой (перемычка отштампована вместе с Ш-образной пластиной), то пластины надо укладывать так, чтобы просечка оказывалась то с одной стороны каркаса, то с другой. Каркас склеивают из картона толщиной 1—1,5 *мм*. Так как ток в обмотке автотрансформатора распределяется неравномерно, то для уменьшения объема намотки можно часть ее (через которую проходит меньший ток) выполнить проводом -меньшего сечения. Поэтому первые 733 витка можно намотать проводом ПЭЛ диаметром 0,59 *мм* (ПЭЛ 0,59), следующие 372 витка — ПЭЛ 0,83 и последние 90 витков — ПЭЛ 0,72. От 483, 533, 633, 733, 826, 919, 1 012, 1 105-го витков обмотки делают отводы. Если напряжение сети 127 *в*, то вся обмотка должна иметь 675 витков, причем первые 470 витков наматывают проводом ПЭЛ 0,8, следующие 150 — проводом ПЭЛ 1,12 и последние 50 — проводом ПЭЛ 0,8. Отводы нужно делать от 250, 300, 360, 420, 470, 510, 560 и 620-го витков.

Обмотку надо наматывать плотно, укладывая виток к витку. Каждый слой в обмотке необходимо изолировать конденсаторной бумагой (от пришедшего в негодность электролитического конденсатора) или чертежной калькой. Концы отводов пропускают через отверстия в щечках каркаса. Не должно быть «проваливающихся» витков по краям слоев около щечек каркаса.

В качестве переключателей $П_1$ и $П_2$ можно использовать стандартные переключатели с ползунком, скользящим по контактам, но надо оставить между рабочими контактами холостые, чтобы избежать короткого замыкания соседних рабочих контактов при переключении. Самодельные переключатели можно изготовить из обычных гнезд и штепсельной вилки с закороченными штырьками. Гнезда располагают по окружности радиусом 21 *мм* так, чтобы общее гнездо оказалось в центре. Гнезда можно расположить и по прямой линии, а для коммутации использовать гибкий проводник с однополюсной вилкой на конце.

Трансформатор *Тр* имеет сердечник из пластин Ш-26, толщина набора 26 *мм*. Первичная обмотка содержит 1 200 витков провода ПЭЛ 0,31. Повышающая обмотка *II* состоит из 1500 витков провода ПЭЛ 0,2, а понижающая накальная обмотка *III*—из 32 витков провода ПЭЛ 1,0. При питании от сети напряжением 127 *в* первичная обмотка должна состоять из 680 витков провода ПЭЛ 0,45.

Сердечник трансформатора $Тр_2$ набирают из пластин Ш-25 (толщина набора 32 *мм*). При напряжении сети 220 *в* обмотка *I*

должна содержать 1 540 витков провода ПЭЛ 0,35. Во вторичной обмотке должно быть 185 витков провода ПЭЛ 0,1144. Если напряжение электросети 127 *в*, то число витков первичной обмотки уменьшается до 890 (провод ПЭЛ 0,41).

Сердечник трансформатора $Тр_3$ такой же, как у трансформатора $Тр_2$, но толщина набора 40 *мм*. Обмотка *I* при напряжении 220 *в* содержит 1 320 витков и наматывается проводом ПЭЛ 0,44, а при напряжении сети 127 *в* — 790 витков провода ПЭЛ 0,51. Обмотка *II* содержит 9+9 витков провода ПЭЛ 2,0, обмотка *III*—15+15 витков провода ПЭЛ 1,0, обмотка *IV*—19+19 витков того же провода, обмотка *V*— 36+36 витков провода ПЭЛ 0,8.

В качестве дросселей $Др_1$ и $Др_2$ можно использовать дроссели фильтра от любого радиоприемника или телевизора. Выключателями $Вк_1$, $Вк_2$ и переключателями $П_3$, $П_4$ могут служить обычные тумблеры, замыкающие либо одну, либо другую пару контактов. Трубчатый плавкий предохранитель *Пр* рассчитан на ток 2—3 *а*.

МАТЕРИАЛЫ И ПРОВОДА

Конструкционные материалы, применяемые в современной электронике, можно условно разделить на две группы. К первой группе относят проводники электрического тока — в основном металлы, из которых изготовляют провода, экраны, припои, крепежные детали и т. п. Проводники можно разделить на материалы с малым удельным сопротивлением и материалы с большим удельным сопротивлением. Первые применяют для изготовления проводов электрического тока, а также различных экранов и силовых деталей, например: шасси, деталей крепления, ящиков и пр. Из проводников с большим удельным сопротивлением изготовляют проволочные резисторы.

Ко второй группе материалов относят диэлектрики, предназначенные для разделения токопроводящих деталей. Кроме того, диэлектрики часто используют как материал для изготовления каркасов катушек индуктивности, монтажных плат, панелей, ручек, деталей крепления и монтажа и г. п.

Таким образом, радиолюбитель должен иметь в своей мастерской набор различных материалов, из которых можно изготовить те или иные детали, панели, контакты, намотать контурную катушку или катушку трансформатора Надо знать свойства этих материалов и область их применения.

ПРОВОДНИКИ С МАЛЫМ УДЕЛЬНЫМ СОПРОТИВЛЕНИЕМ

Сталь — железо с примесью углерода. Мягкая углеродистая сталь содержит до 0,3% углерода. Она хорошо сваривается, штампуется, обрабатывается слесарными инструментами. Из нее изготовляют экраны, колпачки, крышки, кожухи, крепежные скобы и т. п.

Стали средней твердости содержат до 0,4% углерода. Они обладают способностью закаливаться, приобретая твердую поверхность и мягкую сердцевину. Поэтому они применяются для изготовления деталей, несущих нагрузку, а также болтов, винтов, гаек и пр.

Твердые стали содержат до 0,65% углерода. Применяются для изготовления деталей, требующих повышенной механической прочности: осей, зубчатых колес, ответственных крепежных деталей. Эти стали хорошо закаливаются, но плохо свариваются.

Инструментальные стали содержат до 1,4% углерода и применяются для изготовления слесарного инструмента.

Конструкционные стали часто, кроме углерода, содержат примеси других металлов (хрома, никеля, вольфрама и др.), которые придают стали особые свойства, например, стойкость против коррозии, против истирания, способность хорошо переносить удары и т. п. Это так называемые легированные стали.

Широко применяют специальные электротехнические стали с примесью кремния, из которых изготовляются Ш-образные и другие пластины и ленты для сердечников низкочастотных трансформаторов и дросселей.

Алюминий — легкий и сравнительно мягкий металл белого цвета с голубоватым оттенком. Выпускается в виде листов, прутков, проводов, шин и фольги (очень тонко прокатанных листов и полосок). Отожженный алюминий имеет марку АМ (алюминий мягкий), неотожженный — марку АТ (алюминий твердый). Обладает пластичностью, ковкостью, хорошо обрабатывается слесарными инструментами и легко поддается отливке. Быстро окисляется — покрывается плотной пленкой, которая предохраняет внутренние слои от дальнейшего окисления. Поэтому алюминиевые изделия не требуют антикоррозионного покрытия. Однако эта пленка представляет собой диэлектрик, и для получения надежного электрического соединения алюминиевых поверхностей ее нужно тщательно удалять.

Мягкий алюминий применяют для изготовления экранов, шкал, прокладок, скоб для крепления монтажных проводов и прочих малонагруженных деталей. Твердый алюминий служит заменой малоуглеродистых сталей.

Дюралюминий — сплав алюминия с медью. Обладает свойствами алюминия, но значительно тверже и прочнее его, поэтому из него изготовляют и силовые детали, например шасси больших радиоаппаратов.

Силумин — сплав алюминия с кремнием. Обладает хорошими литейными свойствами, но хрупок. Применяется для изготовления шасси, шкивов, фасонных деталей и т. п.

Медь — металл розовато-красного цвета. Выпускается в виде лент, шин, проволоки, проводов. Обладает очень малым электрическим сопротивлением, легко паяется и сваривается, относительно стойка против коррозии, мягка и тягуча, хорошо обрабатывается слесарными инструментами. Твердая медь (МТ) обладает высокой механической прочностью (проволока из твердой меди пружинит). Если же медь подвергнуть отжигу (нагрев до 350° С и затем охлаждение), то получится мягкая медь (ММ), имеющая меньшую механическую прочность, но хорошо тянущаяся и непружинящая. В радиоэлектронике медь идет в основном на изготовление токоведущих деталей: проводов, контактных пластин, зажимов, шин.

Припои — представляют собой различные сплавы металлов, предназначенные для пайки. В зависимости от температуры плавления различают мягкие и твердые припои. К мягким относятся такие, у которых температура плавления ниже 400° С. Ими можно паять почти все металлы, но необходимо применять флюсы (например, канифоль). В радиоэлектронике обычно применяют мягкие оловянно-свинцовые припои.

ПОС-60 (сплав олова—60% и свинца.—40%, температура плавления 230° С) — предназначен для пайки токопроводящих деталей, меди, медных сплавов, серебра, луженой (покрытой оловом) стали.

В качестве флюса применяют раствор светлой канифоли (28%) в этиловом спирте с добавлением химически чистого глицерина (0,5%) для получения блестящей поверхности. При пайке белой жести и многопроволочных жил проводов лучше в качестве флюса применять чистую сосновую канифоль.

ПОС-40 (сплав олова — 40% и свинца — 60%, температура плавления 235° С) — предназначен для тех же целей, что ПОС-60.

ПОС-30 (сплав олова — 30% и свинца — 70%, температура плавления 256° С)—предназначен для пайки и лужения различных нетокопроводящих деталей из меди и медных сплавов, цинка и оцинкованных сталей. В качестве флюса применяют состав из хлористого цинка (раствор цинка в соляной кислоте)—25%, соляной кислоты — 0,6—0,7%. остальное — вода.

Для пайки легкоплавких металлов или деталей, которые боятся нагрева, применяют специальные припои с низкой температурой плавления:

ПОСК-50 (сплав олова — 50%, кадмия—18% и свинца — 32%, температура плавления 145° С); ПОК-56 (сплав олова — 56% и кадмия— 44%, температура плавления 125° С); ПОСВ-33 (сплав олова— 33,4%, свинца — 33,3% и висмута — 33,3%, температура плавления 130° С);, особо легкоплавкие припои (первый сплав: олово — 32%, свинец—15%, висмут — 53%, второй сплав: олово — 27%, свинец—13%, висмут — 50%, кадмий—10%, температура плавления соответственно 96 и 70°С).

ПРОВОДНИКИ С БОЛЬШИМ УДЕЛЬНЫМ СОПРОТИВЛЕНИЕМ

Манганин — сплав меди, марганца и никеля. Цвет желтоватый. Обладает большой стабильностью сопротивления во времени и поэтому предназначен для изготовления образцовых сопротивлений. В этом случае предельно допустимая рабочая температура 60° С. Паяется оловянно-свинцовыми припоями.

Константан — сплав меди и никеля. Применяется для изготовления проволочных резисторов, реостатов и электронагревательных элементов, если их рабочая температура не превышает 45° С. Паяется оловянно-свинцовыми припоями Обладает несколько худшим постоянством сопротивления во времени, чем манганин.

Нейзильбер и никелин — разновидности константана. Предельные рабочие температуры 250 и 150° С.

Нихром — жароупорный сплав на основе никеля (предельная рабочая температура 950° С). Применяется для изготовления электронагревательных элементов. При нагревании на воздухе на поверхности нихрома образуется электроизолирующая окисная пленка, поэтому нихромовую проволоку можно наматывать виток к витку, если междувитковое напряжение не превышает 0,5 *в*. Нихром не паяется.

ДИЭЛЕКТРИКИ

От качества и электрических свойств диэлектриков во многом зависит работа наиболее ответственных деталей радиоаппаратов. Они характеризуются следующими параметрами.

Диэлектрическая проницаемость е —величина, показывающая, во сколько раз увеличится емкость воздушного конденсатора, если пространство между его обкладками наполнить вместо воздуха дан-

Таблица 1

Материал	Диэлектрическая проницаемость ε	Тангенс угла потерь tgδ	Электрическая прочность, кв/мм
Береза сухая	3,5	0,02	4
Гетинакс высокочастотный	7	0,05	25
Лакоткань черная	3,5	0,1	20
Лакоткань светлая	4	0,1	20
Парафин	2,3	0,0005	25
Плексиглас	3,5	0,06	18
Полистирол	2,5	0,0002	30
Полихлорвинил	4	0,04	50
Полиэтилен	2,2	0,0003	40
Радиофарфор	6,5	0,005	18
Резина	4	0,03	20
Слюда	7	0,0004	100
Стекло	8	0,004	25
Стеклотекстолит	3,5	0,05	10
Текстолит высокочастотный	8	0,07	6
Ультрафарфор	8	0,0005	20
Фарфор электротехнический	6	0,01	20
Фибра	5	0,07	5
Фторопласт-4	2	0,0002	25
Целлулойд	3,5	0,1	30
Эбонит	3,5	0,01	25
Электрокартон	3,5	0,03	10

ным диэлектриком. Диэлектрическая проницаемость всех диэлектриков больше единицы, причем за единицу принята диэлектрическая проницаемость воздуха. Для конденсаторов выгодно применять диэлектрики с большой диэлектрической проницаемостью, так как это позволяет получить большую емкость при тех же размерах конденсатора. Для каркасов катушек индуктивности, особенно высокочастотных, наоборот, следует применять материалы с малой диэлектрической проницаемостью, чтобы не увеличивать вредной собственной емкости катушки.

Диэлектрические потери — это потери энергии, происходящие в диэлектрике, который помещен в переменное электрическое поле. Теряемая энергия расходуется на нагревание диэлектрика. Чем выше частота, тем больше потери. Величина этих потерь характеризуется тангенсом угла потерь tgδ. Чем меньше тангенс угла потерь, тем лучше диэлектрик. У хороших диэлектриков тангенс угла потерь измеряется тысячными, а у наиболее высококачественных — десятитысячными долями единицы.

Электрическая прочность характеризует способность диэлектрика выдерживать без пробоя высокое напряжение. Для большинства диэлектриков напряжение, при котором происходит пробой, изме-

ряется несколькими киловольтами (а для многих — даже несколькими десятками киловольт) на 1 *мм* толщины. Основные свойства изоляционных материалов приведены в табл. 1.

Керамика — представляет собой материал или изделия, изготовляемые путем обжига (спекания) мелко измельченной минеральной массы. Является одним из наиболее высококачественных изоляционных материалов, применяемых в современной радиоэлектронике. Керамические детали отличаются не только высокими электроизоляционными свойствами, но и высокой стойкостью при длительном воздействии повышенных температур и влажности. К сожалению, в радиолюбительской практике применять керамику как конструкционный материал невозможно. Это объясняется ее большой твердостью и тем, что она совершенно не поддается обработке слесарными инструментами. Однако в виде готовых деталей и изделий керамика применяется в радиолюбительских конструкциях чрезвычайно широко, например, различные панели, стойки, изоляционные втулки, каркасы высокочастотных катушек индуктивности, основания выключателей, переключателей, конденсаторов постоянной и переменной емкости, мощных резисторов и т. п. Но надо иметь в виду, что существует низкочастотная керамика и высокочастотная, т. е. предназначенная для работы на высоких частотах, вносящая малые потери в высокочастотные поля. Именно из такой керамики делают все высокочастотные детали, в том числе и каркасы катушек индуктивности. Применять же для высокочастотных деталей низкочастотную керамику, например электрофарфор, нельзя, так как это приведет к значительному ухудшению параметров таких деталей.

Слюда — минерал, способный расщепляться на тонкие и упругие листочки. Негигроскопична (не впитывает влагу) и очень теплостойка. Обладает хорошими электроизоляционными свойствами и способна работать на высоких частотах. В радиоэлектронике наибольшее применение имеет мусковит—прозрачная слюда со стеклянным блеском. Другой сорт слюды — флогопит — материал темного цвета, применяется главным образом в электронагревательных бытовых приборах.

Церезин — светлый материал, получаемый из горного воска озокерита (продукта перерождения нефти). Имеет очень малую гигроскопичность и высокие электроизоляционные свойства. Растворим в бензине. Нанесенный на какую-либо поверхность в расплавленном виде (60—80° С) при затвердевании образует тонкую эластичную и нерастрескивающуюся пленку. Применяется для пропитки катушек индуктивности с целью повышения их механической прочности и предохранения от влаги, а также как заливочная масса для трансформаторов.

Парафин — более воскообразное вещество с кристаллическим строением. Растворим в бензине и минеральных маслах. Негигроскопичен. При нагревании до 55° С плавится. При застывании дает большую усадку. Применяется для пропитки изделий из картона и бумаги. Иногда радиолюбители пропитывают им каркасы катушек и трансформаторов. Применять парафин для пропитки высокочастотных катушек следует только в том случае, если нет более высокочастотных пропиточных материалов, так как парафин невысокочастотный диэлектрик. В парафине проваривают деревянные изделия для придания им влагостойкости.

Бумага изоляционная — выпускается различных видов: конденсаторная, кабельная, телефонная, намоточная и пр. В радиолюби-

тельской практике ее используют для прокладок между слоями при намотке трансформаторов, причем от обычной бумаги она отличается не только лучшими электроизоляционными свойствами, но и тем, что она очень тонка (0,05—0,07 *мм),* а это очень важно при намотке. Максимальная рабочая температура 80—100° С.

Электрокартон (прессшпан) — также выпускается различных видов. Применяется для изготовления электроизоляционных прокладок, каркасов обмоток трансформаторов и дросселей. Гигроскопичен. Для повышения электроизоляционных свойств следует пропитывать или покрывать электроизоляционным лаком.

Фибра — изготовляется методом прессования из тонкой бумаги, пропитанной раствором хлорного цинка. Максимально допустимая рабочая температура до 100° С. Обладает высокой механической прочностью и хорошо обрабатывается слесарными инструментами. На' фибровых стержнях можно нарезать резьбу. Очень гигроскопична. Ее влагостойкость может быть улучшена пропиткой в парафине. Применяется как конструкционный материал для изготовления небольших панелей, изоляционных стоек, втулок, шайб и т, п.

Лакоткани — хлопчатобумажные или шелковые ткани, пропитанные электроизоляционными лаками. Шелковые ткани тоньше, а их электроизоляционные свойства лучше. Очень эластичны. Бывают светлые и черные; последние обладают лучшими свойствами. Лакоткани могут работать при температуре до 80—105° С. Применяются в виде лент для изоляции обмоток трансформаторов, для изоляции жгутов проводов, для закрепления проводов и т. п.

Еще лучшими электроизоляционными свойствами обладают стеклолакоткани, которые могут работать при температуре до 125° С, а кремнийорганические стеклолакоткани даже до 180° С.

Лакированные электроизоляционные трубки (линоксиновые, кембриковые) — представляют собой хлопчатобумажный чулок, пропитанный масляным лаком. Цвет от желтого до темно-коричневого. Внутренний диаметр 1—6 *мм* с толщиной стенок 0,7—0,9 *мм.* Применяются для изоляции голых монтажных проводов, выводных концов обмоток трансформаторов и т. п. В настоящее время заменяются полихлорвиниловыми.

Полихлорвиниловая лента (липкая)— применяется для ремонта изоляции проводов в нолихлорвиниловой изоляции.

Гетинакс — слоистый материал, изготовляемый методом горячего прессования из специальной бумаги, пропитанной фенолальдегидной или крезолальдегидной смолой. Обладает высокими электроизоляционными свойствами и хорошо поддается механической обработке.

Выпускается листами толщиной 0,2—30 *мм* различных марок: гетинакс А, Б, В или Г для работы на низких частотах и гетинакс Ав, Бв, Вв или Гв для работы на высоких частотах. В радиолюбительской практике из гетинакса изготовляют каркасы для катушек низкочастотных трансформаторов и дросселей, панели, монтажные стойки и т. п.

Фольгированный гетинакс — с одной или двух сторон покрытый красно-медной фольгой. Предназначен для изготовления панелей методом печатного монтажа. Выпускается в листах нескольких марок при толщине 1,5 *мм* и выше.

Текстолит — прессованный слоистый материал, изготовляемый из хлопчатобумажной ткани или стеклолакоткани, пропитанной смолами. Текстолит теплостоек (до 125—130°С), обладает высокими

механическими свойствами, хорошо обрабатывается и шлифуется, устойчив против истирания. Однако его электроизоляционные свойства низки. Выпускается в листах толщиной 0,5—50 *мм,* а также в виде стержней диаметром от 8 до 60 *мм.* Имеется несколько марок текстолита, из которых в радиотехнике применяют марку ВЧ. Текстолит этой марки имеет блестящую поверхность.

Из текстолита изготовляют платы, панели, прокладки, каркасы катушек НЧ трансформаторов и дросселей, зубчатые колеса, изоляционные втулки, стойки и пр.

Эбонит — твердый вулканизированный каучук с большим содержанием серы. Выпускается в листах толщиной от 0,5 до 32 *мм,* стержнях и трубках. Под действием света желтеет, причем восстановить черный цвет можно промывкой в нашатырном спирте, а затем в воде. Хорошо поддается механической обработке. Теплостоек до температуры 50—80° С.

В радиоаппаратуре применяется исключительно как поделочный материал (ручки, стойки и т. п.), так как имеет низкие электроизоляционные свойства.

Органическое стекло — выпускается в виде листов толщиной от 2 до 30 *мм.* Обладает высокой прочностью и хорошо обрабатывается механически и методом пластической деформации при нагреве до 100—120° С с последующим медленным охлаждением. Приданную форму сохраняет при нагревании до 60° С. Хорошо склеивается смесью 50% ацетона и 50% этилацетата, в которой растворено 0,5—1 % опилок органического стекла. Применяется для изготовления шкал, прозрачных экранов, футляров (например, для карманных приемников) и как декоративный материал.

Фторопласт — серо-белая пластмасса, напоминающая парафин. Легко поддается всем видам механической обработки, теплостоек до температуры 250° С. Применяется для изготовления оболочек высокочастотных кабелей каркасов катушек индуктивности.

Полиэтилен — желтовато-белая эластичная пластмасса. Обладает очень хорошими электроизоляционными свойствами и очень малыми потерями при работе на высоких частотах. Детали из него изготовляют методом литья под давлением и вытяжки. Применяют для изготовления каркасов высокочастотных катушек индуктивности и изоляции высокочастотных кабелей.

Полистирол — высокочастотный изоляционный материал, не уступающий по качеству полиэтилену. Листовой полистирол по внешнему виду напоминает чуть желтоватое органическое стекло и обычно мало прозрачен; пленка (стирофлекс) бесцветна и прозрачна. Полистирол хрупок и склонен к саморастрескиванию. Хорошо поддается механической обработке. При нагревании до 100° С переходит в пластичное состояние, в котором хорошо прессуется. Применяется для изготовления каркасов высокочастотных катушек индуктивности, ламповых панелей, высокочастотных монтажных планок. Кроме того, из полистирола изготовляют лак, служащий для пропитки высокочастотных катушек и склейки деталей из полистирола. Состоит из полистирольной смолы 20%, растворенной в бензоле, и ксилола 80% (или четыреххлористом углероде). Сушка 3—4 *ч* при комнатной температуре.

ПРОВОДА

Монтажные провода — применяют при монтаже радиоэлектронной аппаратуры, могут быть жесткими и мягкими. Жесткий монтаж-

ный провод состоит из однопроволочной медной токопроводящей жилы, а токопроводящая жила мягкого монтажного провода свита из тонких медных проволочек — чем больше проволочек в жиле и чем меньше их диаметр, тем более гибка жила. Сечение токопроводящей жилы выбирают в зависимости от величины проходящего по проводу тока: при токе до 0,7 *а* сечение жилы должно быть не менее 0,05 *мм*^{2}, при токе до 1 *а* — не менее 0,07 *мм*^{2}, при токе до 1,3 а — 0,1 *мм*^{2}, при токе до 2,5 *а* — 0,2 *мм*^{2}, при токе до 3,5 *а* — 0,3 *мм*^{2}, при токе до 4 *а* — 0,4 *мм*^{2}, при токе до *5 а* — 0,5 *мм*^{2}.

Большинство монтажных проводов и в первую очередь провода с резиновой изоляцией выполняют с лужеными токопроводящими жилами. Такие жилы очень удобны для монтажных работ: луженые провода хорошо паяются и не требуют зачистки. Провода с резиновой изоляцией изготовляют с лужеными жилами еще и для того, чтобы защитить медь токопроводящей жилы от серы, находящейся в резине изоляции, так как образование в поверхностных слоях жилы сернистой меди увеличивает ее электрическое сопротивление и понижает механическую прочность, а резиновая изоляция быстро теряет эластичность и при перегибах ломается.

Однопроволочные провода применяют для жесткого монтажа, т. е. такого, при котором мелкие детали (резисторы и конденсаторы) и соединительные провода жестко закреплены на контактах или монтажных опорах. Многопроволочные провода используют при создании так называемого мягкого монтажа, при котором детали закреплены на монтажных панелях, а соединительные провода свободно уложены на шасси. Во время работы радиоаппарата мягкие соединительные провода могут быть неподвижными или перемещаться, например, если они соединяют блоки, смонтированные на разных панелях. Многопроволочные монтажные провода применяют и для составления жгутов и многопроводных кабелей.

Монтажные провода выпускают с изоляцией из пластмассы, резины, а также с волокнистой и пленочной изоляцией. Выбор изоляции провода производят в зависимости от величины напряжения, под которым будет находиться изоляция во время работы радиоаппарата, а также в соответствии с условиями эксплуатации. Под последним подразумевают колебания температуры и влажности окружающей среды, наличие ударов, тряски, перемещений, присутствие паров бензина, масла и т. п. Различные виды изоляции по-разному сопротивляются этим неблагоприятным факторам. Так, провода с волокнистой изоляцией обладают повышенной гигроскопичностью— они хорошо впитывают влагу. Если радиоаппаратура, смонтированная такими проводами, используется при высокой влажности, то возможны утечки тока через увлажнившуюся изоляцию проводов. В таких случаях следует применять монтажные провода с пластмассовой изоляцией (например, из полихлорвинила), с резиновой или пленочной изоляцией, которые влагостойки. Но провода с волокнистой изоляцией имеют повышенную теплостойкость (в отличие от проводов с резиновой изоляцией), поэтому их можно применять в радиоаппаратуре, работающей в условиях резких колебаний температуры. Надо подчеркнуть, что какой-либо один вид изоляции обычно не может удовлетворить всем требованиям эксплуатации радиоаппарата. Например, монтажный провод в изоляции из полихлорвинила достаточно гибок, обладает высоким пробивным напряжением и хорошей влагостойкостью, но такая изоляция не теплостойка. Чтобы к положительным качествам провода в полихлорвиниловой изо-

ляции добавить еще и" теплостойкость, поверх полихлорвинилового пластиката накладывают оплетку из стекловолокна, которую лакируют для повышения ее механической прочности, а также придания проводу стойкости к воздействию масел и бензина. Таким образом, большинство монтажных проводов имеет комбинированную изоляцию, благодаря чему современные монтажные провода способны выдерживать самые различные климатические, температурные и механические воздействия.

Для защиты от электрических полей и помех некоторые монтажные провода выпускают в экранированном металлическом «чулке»— в оплетке из медной луженой плетенки. В этом случае к обозначению марки провода добавляется буква Э.

Для удобства составления жгутов многие монтажные провода одного и того же типа выпускают различных расцветок, причем расцветка может быть сплошной или комбинированной, например цветные полосы на белом фоне, цветные нити в оплетке и т. п.

Марки монтажных проводов, их назначение и конструктивные данные приведены в приложении 1.

Обмоточные провода — бывают медные одножильные, высокочастотные (литцендраты) и обмоточные провода сопротивления. Медные одножильные обмоточные провода предназначены для изготовления обмоток трансформаторов, дросселей, высокочастотных катушек индуктивности и т. п. Эти провода имеют эмалевую или волокнистую изоляцию. Часто применяется и комбинированная изоляция из эмалевого покрытия с дополнительной обмоткой из натурального или синтетического волокнистого материала.

Для создания эмалевого покрытия используют масляно-смоляные лаки. Например, провод марки ПЭВ изготовляется с применением лака винифлекс, провод ПЭМ — лак металвин, провод ПЭВТЛ — полиуретановый лак. Провода с однослойной эмалевой изоляцией в обозначении марки отмечены индексом 1 (например, ПЭМ-1), а с двухслойной эмалевой изоляцией — индексом 2 (например, ПЭВ-2). Провода с эмалевой изоляцией из полиуретановых лаков залуживают оловом без предварительной зачистки и без применения флюса.

В качестве волокнистого материала для изоляции применяют хлопчатобумажную пряжу (например, провод ПЛБД), натуральный шелк (провод ПЭЛШО), капрон (провод ПЭВКЛ), лавсан (провод ПЭВЛО) или стекловолокно (провод ПСД).

Для придания проводу особой теплостойкости применяют кремнийорганические лаки (например, провод ПСДКТ).

Марки медных обмоточных проводов, применяемые в радиоэлектронике, указаны в приложении 2. В этом же приложении указана максимальная температура, при которой провод может работать без нарушения изоляции, а также диаметры медной токопроводящей жилы. Максимальный же диаметр провода в изоляции указан в приложении 3

Высокочастотные обмоточные провода предназначены для изготовления обмоток высокочастотных катушек индуктивности. Эти провода состоят из пучка медных эмалированных проволочек диаметром 0,05; 0,06; 0,07; 0,1 *мм*. Пучок обмотан одним (ЛЭШО) или двумя (ЛЭШД) слоями натурального шелка или шелка лавсан (соответственно марка ЛЭЛО и ЛЭЛД). Обмотку из шелка лавсан имеет и провод ЛЭПКО. Высокочастотный провод ЛЭП не имеет

волокнистой обмотки, а только эмалевое покрытие из полиуретанового лака.

Обмоточные провода сопротивления (манганиновые, константановые и нихромовые) предназначены для изготовления проволочных резисторов, шунтов для измерительных приборов, высокоточных и стабильных резисторов и т. п. Марки этих проводов, удельное сопротивление материала токопроводящей жилы и максимальная допустимая температура указаны в приложении 4. Максимальный наружный диаметр провода, а также сопротивление постоянному току в зависимости от диаметра токопроводящей жилы приведены в приложении 5.

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ МОНТАЖА

В течение последних 15—20 лет радиоаппаратура очень изменилась. Усилия конструкторов были направлены главным образом на повышение надежности радиоэлектронной схемы, удобство ее эксплуатации, уменьшение габаритов, веса и потребления электроэнергии. В связи с этим изменились и методы конструирования радиоаппаратуры, и методы ее монтажа.

Сейчас основной метод конструирования радиоаппаратуры — функционально-узловой. При этом методе сложный радиоаппарат при конструировании разделяют на ряд более простых, но самостоятельных узлов (или блоков), которые монтируют и полностью налаживают отдельно, а затем все узлы соединяют вместе на общем шасси или в корпусе с помощью разъемов или паек. Например, современный телевизор состоит из нескольких таких самостоятельных узлов, полностью взаимозаменяемых и заранее настроенных: блоков ПТК, канала изображения, канала звука, разверток, питания. Сложный приемник разделен на УКВ блок, блок преобразователя и УПЧ с детекторами, блок УНЧ и блок питания. Такое дробление сложной системы на самостоятельные узлы значительно облегчает производство радиоаппаратуры, ее ремонт (ведь узлы взаимозаменяемые и если произошла серьезная неисправность, то легко вынуть пострадавший узел и вместо него установить новый, заранее настроенный). Кроме того, значительно упрощается и разработка радиоаппаратуры, потому что сложный аппарат разрабатывают и налаживают не весь сразу, а по отдельным сравнительно простым узлам. Это имеет значение и в радиолюбительской практике, так как любитель не разрабатывает, монтирует и налаживает, например, сразу весь телевизор (как это делалось еще совсем недавно), а собирает и налаживает его по частям. Конечно, это положительно сказывается и на качестве, и на надежности радиолюбительской аппаратуры.

Стремление повысить надежность радиоаппаратуры, упростить ее сборку, желание удешевить радиоаппаратуры и механизировать ее изготовление очень изменили методы ее монтажа. Двадцать лет назад господствующими были плоский и объемный методы монтажа. При плоском методе монтажа после установки крупных деталей (блока конденсаторов переменной емкости, ламповых панелей, переключателей, трансформаторов, переменных резисторов и пр.) производилось соединение их между собой с помощью изолированных проводов. Мелкие детали (резисторы, конденсаторы и др.) припаивались к выводам крупных деталей и лепесткам ламповых панелей или укреплялись на контактах специальных расшивочных панелей и соединялись с другими деталями проводами (рис. 21). Объемный

монтаж отличался от плоского только тем, что детали располагались не только по всей площади панели или шасси (как при плоском монтаже), но и заполняли равномерно весь объем — это позволяло значительно уменьшить габариты радиоаппарата, так как увеличивалась «плотность» монтажа в единице объема радиоаппарата.

В настоящее время в радиопромышленности такой монтаж почти не применяется. Одна из самых серьезных забот современной радиоэлектроники — это миниатюризация и даже микроминиатюризация. Объемный же монтаж мало способствует миниатюризации радиоаппаратуры, ибо он требует жесткого и сложного по форме шасси или даже целого набора шасси, множества опорных контактов

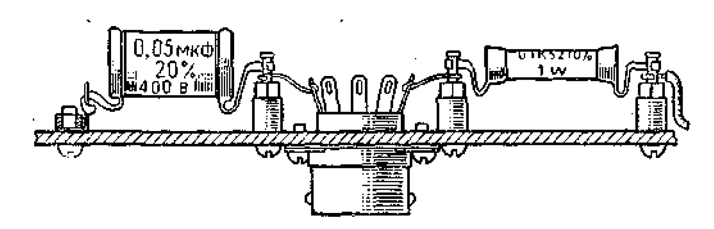


Рис. 21. Пример установки навесных деталей при проволочном плоском монтаже.

для крепления выводов деталей, а главное — большого количества соединительных проводов, причем такой монтаж приходится делать вручную, он получается очень скученным, поэтому легко допустить ошибку в монтаже, замыкание, ожог деталей и проводов паяльником и пр. Следовательно, снижается надежность радиоаппарата, а монтаж совершенно невозможно механизировать.

Появился новый — печатный монтаж. При таком монтаже роль проводов, соединяющих между собой выводы деталей, выполняют линии из очень тонкой медной фольги, «напечатанные», вернее, наклеенные на гетинаксовой пластине, которая является панелью для крепления деталей. Для изготовления такой панели берут фольгированный гетинакс, т. е. обклеенный с одной стороны (реже с двух сторон) тонкой медной фольгой. На фольгу типографским способом (потому такой монтаж и называют печатным) наносят специальной кислотоупорной краской рисунок электрических соединений между выводами деталей. Затем плату погружают в травящий раствор, и фольга, не защищенная краской, вытравливается. Поэтому после травления на плате остается медный рисунок электрических соединений схемы. Остается просверлить в плате отверстия в местах крепления выводов деталей, пропустить в эти отверстия выводы (детали располагаются чаще с обратной стороны платы, на которой нет печатных линий — со стороны гетинакса), спаять выводы деталей с фольгой печатных линий, откусить концы выводов — и монтаж готов (рис. 22).

Как видите, такой монтаж легко механизировать, ведь печать монтажа, сверление отверстий под выводы и даже в некоторых случаях пайка производятся без участия человека А это исключает ошибки, намного повышает качество, а следовательно, и надежность радиоаппарата. Конечно, печатный монтаж потребовал создания

специальных малогабаритных и легких радиодеталей, пригодных для установки на печатную плату. Поэтому появились миниатюрные постоянные резисторы (МЛТ, УЛМ, МТ), переменные резисторы

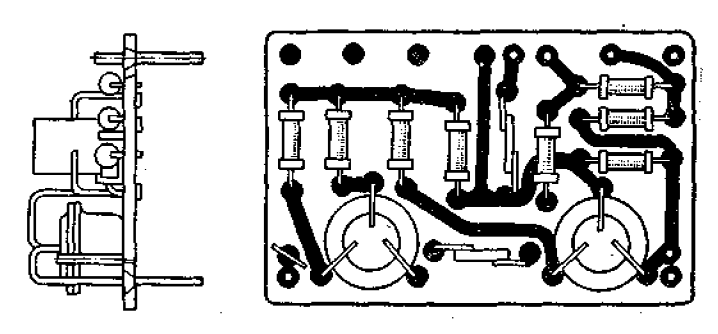


Рис. 22. Печатный монтаж.

СПО, малогабаритные конденсаторы КТ, КСО, МБМ и даже малогабаритные электрические конденсаторы ЭТО, ЭМ и др.

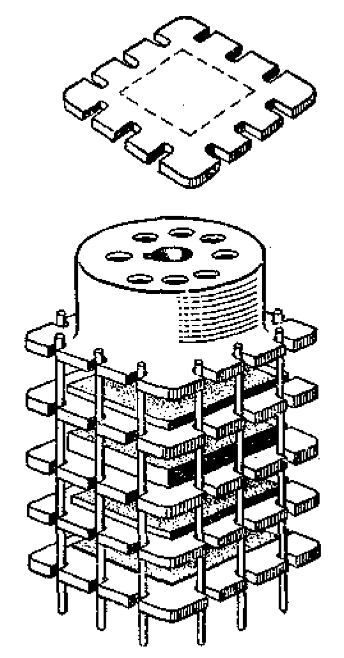


Рис. 23. Этажерочная модульная конструкция.

В настоящее время методом печатного монтажа изготовляются все новые радиоприемники, телевизоры, магнитофоны и прочая бытовая и профессиональная радиоаппаратура как ламповая, так и транзисторная. Появление транзисторов намного облегчило внедрение печатного монтажа, так как транзисторы работают при малых напряжениях и токах. Это позволило еще уменьшить размеры резисторов, конденсаторов, катушек индуктивности и даже трансформаторов. Применение вертикального печатного монтажа специального вида, при котором резисторы и конденсаторы располагаются на печатной плате вертикально (этим достигается переход от плоского печатного монтажа к объемному), позволило уменьшить габариты аппаратуры еще в 7—10 раз.

Однако даже вертикальный печатный монтаж (его часто называют уплотненным) не удовлетворяет современную радиоэлектронику. Во-первых, уплотнение монтажа ведет к уменьшению расстояний между печатными проводниками и деталями, а при этом возрастают трудности изго-

товления такой аппаратуры. Во-вторых, в такой сверхплотной конструкции очень трудно отыскать неисправность, а тем более ее устранить, например заменить деталь. Поэтому конструкторы радиоаппаратуры пошли по другому пути миниатюризации — по пути применения функциональных модулей. Этот принцип монтажа заключается в том, что схема, например, сложного усилителя собирается не на одной печатной плате, а разбивается на функциональные блоки (каскады или группу каскадов, несколько деталей, относящихся к какой-либо регулировке или самостоятельной цепи и т. п.), которые монтируются каждый на своей печатной плате. Затем эти печатные платы с деталями — называемые модулями — собираются в виде этажерки

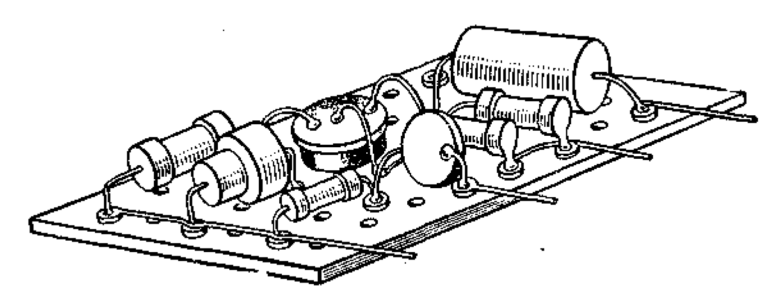


Рис. 24. Модуль, выполненный проволочным монтажом.

(рис. 23). Они представляют собой законченный самостоятельный узел, который тем или иным способом соединяется с другими узлами радиоаппарата. Электрическое же соединение отдельных модулей между собой производится короткими отрезками провода, которые припаиваются к миниатюрным контактам, нанесенным методом печатного монтажа на краях платы модуля. Конечно, все модули должны иметь одинаковые размеры, а их выводные контакты должны располагаться таким образом, чтобы соединительные перемычки между модулями были возможно короче. Преимущества такого метода монтажа очевидны: можно монтировать и настраивать отдельно, например, не только сам усилитель низкой частоты приемника, но даже его различные каскады, а в случае неисправности легко заменить как отдельную деталь модуля, так и весь модуль-каскад.

Модули могут быть выполнены различным методом: проволочным плоским или объемным монтажом (рис. 24), печатным монтажом — плоским или объемным (рис. 25). Появились также микромодули — модули очень малых размеров, собираемые из отдельных элементов (плат квадратной, круглой или шестигранной формы). На каждой плате с помощью специальной технологии нанесен транзистор, резистор, конденсатор и прочие радиодетали. Таким образом, функциональный модуль дробится еще на модули-элементы (рис. 26).

Но и модульный монтаж — не последнее слово техники. Дело в том, что в связи с усложнением схем очень увеличилось количество деталей в радиоаппаратуре, а также количество паяных соединений. Все это снижает надежность. Поэтому конструкторы решили не изготовлять отдельно резисторы, конденсаторы, катушки индуктивно-

сти, транзисторы и потом соединять их в схему тем или иным способом, а изготовлять все детали данной схемы' на одном и том же диэлектрическом основании — плате. В этом случае схемы делаются как плоская мозаика из тонких пленок различных материалов, которые в нужной последовательности и нужной форме наносят на основание (пленка из материала с определенным сопротивлением — резистор; пленка полупроводников —транзистор или диод и т. п.). Таким образом, получается плоская (пленочная) модульная схема, у которой очень мало паяных соединений — только выводы для соединения с другими схемами, поэтому надежность ее высока, а места она занимает очень мало. Такие схемы часто называют интегральными.

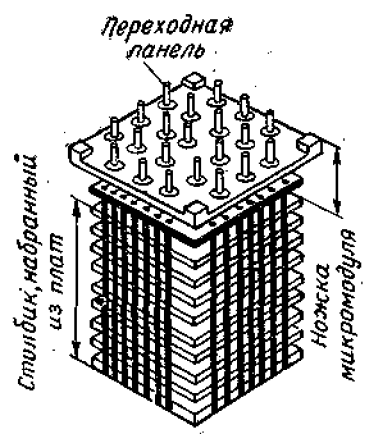


Рис. 25. Модуль, выполненный печатным монтажом.

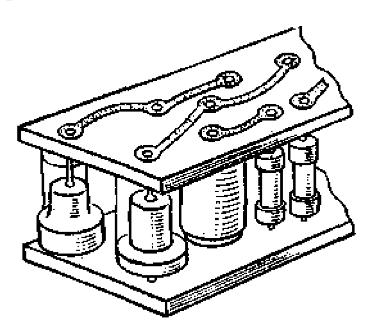


Рис. 26. Микромодуль.

И все же конструкторы не успокаиваются даже на этом — они хотят от такой плоской пленочной схемы перейти к объемной, ведь тогда Габариты еще уменьшатся и можно будет ликвидировать проволочные паяные соединения между отдельными схемами, т. е. создать весь функциональный узел в виде одного объемного твердотельного модуля. Но трудности создания таких сверхмикроминиатюрных модулей очевидны, сейчас конструкторы только нащупывают пути их создания.

РАДИОЛЮБИТЕЛЬСКИЙ МОНТАЖ

Какие же из перечисленных выше методов монтажа применяют радиолюбители? Надо сказать, что они не отстают от радиопромышленности: они применяют и проволочный плоский и объемный монтаж, и печатный, и даже модульный. В принципе радиолюбители могут применять даже микромодульный монтаж, если у них окажутся подходящие микромодули промышленного изготовления (самостоятельно изготовить микромодульные резисторы, транзисторы и другие детали, конечно, невозможно!). Но не увлекайтесь! Давайте посмотрим, в каких случаях удобно применять тот или иной вид монтажа.

Любая разработка радиоаппарата начинается с того, что собирают его макет — на большой панели собирают схему радиоаппарата и начинают ее «доводить»: подбирают режимы ламп и транзисторов, значения сопротивлений резисторов и емкости конденсаторов, индуктивности катушек, стремясь получить от этой схемы-макета те характеристики и параметры, которыми должен обладать будущий радиоаппарат. Естественно, что макет должен быть изготовлен путем плоского проволочного монтажа, так как только этот монтаж позволяет сравнительно легко менять расположение деталей на шасси, заменять их, вставляя вместо маленького резистора большой и т. п.

Когда макет налажен и выяснено необходимое взаимное расположение деталей, точно подобраны их значения, можно переходить к изготовлению окончательного варианта радиоаппарата. Вот тут может быть применен любой вид монтажа в зависимости от того, какую конструкцию радиолюбитель хочет получить: малогабаритную, переносную, повышенной надежности.

Наиболее подходящим видом монтажа для малоопытного любителя является проволочный плоский монтаж. Объемный проволочный монтаж выполнить уже сложнее, так как для него требуется провести большую предварительную работу — нарисовать монтажные схемы (т. е. схемы расположения деталей и соединений между ними) в различных проекциях, изготовить шасси сложной конфигурации с различными стойками, угольниками и т. п.

Печатный монтаж выполнить еще труднее. Надо будет провести очень кропотливую чертежную работу — сделать чертеж печатных линий, очень точный, весьма тщательно, с соблюдением определенных требований к толщине печатных линий, их. конфигурации. Конечно, самое трудное при этом — так расположить детали на плате, чтобы не было пересечений печатных линий или хотя бы их было мало (обо всем этом подробнее будет рассказано ниже). Большие трудности представляет перенесение рисунка на фольгированный гетинакс, его травление и сверление большого количества отверстий.

Таким образом, если в массовом производстве печатный монтаж выгоднее и проще проволочного, то при изготовлении единственного экземпляра радиоаппарата происходит как раз наоборот — проволочный сделать проще и быстрее, чем печатный. Правда, все остальные преимущества печатного монтажа — высокая надежность, компактность, малый вес — остаются. Но имейте в виду, что печатный монтаж — это не монтаж экспериментатора! Изменить расположение деталей, что-то добавить — совершенно невозможно. Даже поставить более крупную деталь весьма сложно. Поэтому решаться на применение печатного монтажа следует только в том случае, если есть полная уверенность, что не потребуется никакого экспериментирования. При этом надо иметь в виду, что если, например, приемник хорошо работает в макетном исполнении, то это еще не значит, что он будет также хорошо работать и с печатным монтажом, так как при значительно более тесном расположении деталей (по сравнению с макетом) паразитные связи в его схеме могут настолько возрасти, что приемник начнет самовозбуждаться. Особенно в этом отношении опасен вертикальный печатный монтаж. Браться за него можно только опытному радиолюбителю.

Модульная конструкция радиоаппарата с модулями, выполненными проволочным или печатным монтажом, тоже доступна для

опытного радиолюбителя. Но она требует еще более серьезной предварительной проработки как «радиотехнической» (на макете, причем макет по конструкции и плотности расположения деталей должен хотя бы приближаться к будущей конструкции), так и графической — надо сделать точные и подробные монтажные схемы.

Проволочный монтаж наиболее доступный, а потому наиболее распространенный в радиолюбительской практике. Рассмотрим этапы выполнения этого монтажа.

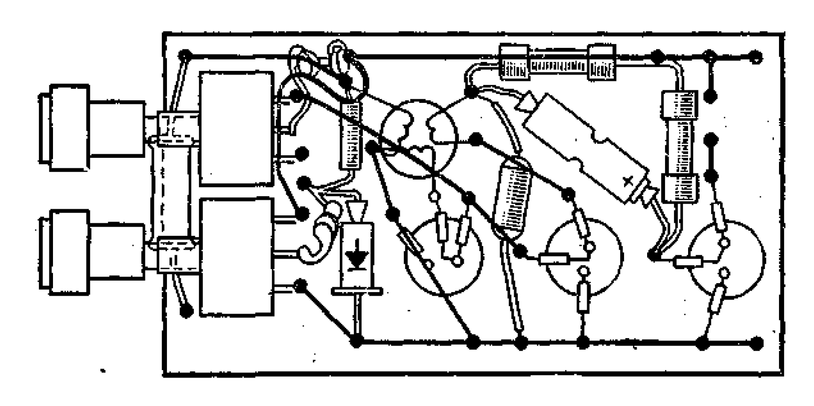


Рис. 27. Пример графической компоновки (монтажной схемы) навесного монтажа.

Монтаж любого радиоаппарата начинают с компоновки деталей на плате или шасси, т. е. определения наиболее рационального расположения деталей, выводов, проводов, ручек управления и пр. Существует несколько способов компоновки.

Графическая компоновка (составление монтажной схемы) — вычерчивание расположения деталей, соединительных проводов, рас-ивочных панелей и пр. Для этого на листе миллиметровой бумаги вычерчивают в натуральную величину контуры будущего шасси, намечают места расположения крупных деталей, зажимов, переходных колодок, а затем вычерчивают эти детали и соединительные провода между ними, тщательно размечая выводы и центры креплений деталей (рис. 27). Мелкие детали вычерчивают в соответствующих местах условно, но с сохранением действительных размеров. На контурах всех деталей обязательно проставляют их схемное обозначение (рис. 28). Необходимо тщательно нанести на монтажную схему все основные провода (короткие провода между близко расположенными деталями можно не наносить, чтобы не загружать схему). Проследите их направление, взаимное расположение с другими проводами, так как от этого зависят паразитные связи в будущем радиоаппарате. Попробуйте передвинуть детали, найти пути укорочения соединительных проводов, лучшего взаимного расположения деталей. Обратите внимание на расположение выводов деталей — иногда достаточно повернуть деталь, и длина соединительных проводов значительно сократится.

Как уже было сказано, мелкие детали располагаются либо на выводах более крупных деталей, установленных на шасси, либо на специальных монтажных опорах (их конструкция показана на рис. 29). Надо стремиться так расположить мелкие детали, чтобы обойтись минимальным количеством монтажных опор — ведь они занимают место, а главное увеличивают паразитные емкости и индуктивности, что очень опасно при монтаже высокочастотных каскадов. Поэтому надо пытаться использовать в качестве соединительных проводов выводы деталей, располагая деталь, например, между ле-

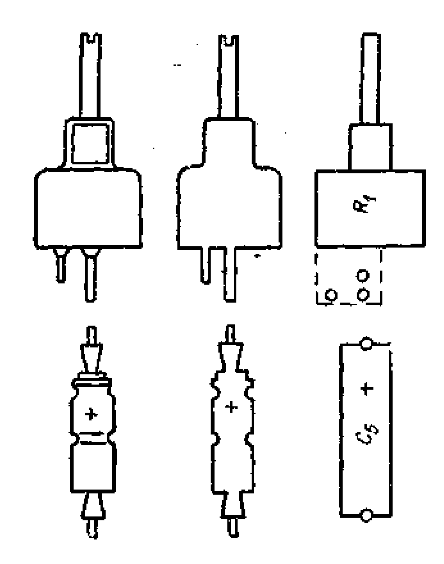


Рис. 28. Различные изображения контуров малогабаритного электролитического конденсатора и переменного резистора.

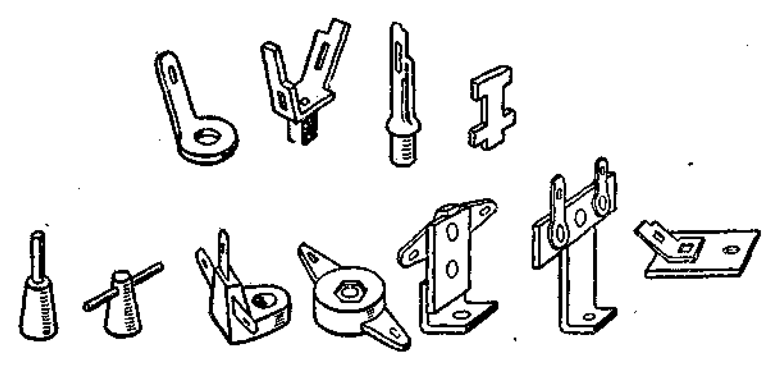


Рис. 29. Конструкция монтажных опор.

пестком ламповой панели и контактом переключателя или между опорой, к которой припаян вывод транзистора, и выводом конденсатора переменной емкости. Обычно может быть много вариантов размещения данной детали — взгляните на рис. 30: резистор можно укрепить между контактами монтажной опоры и применить два соединительных провода, можно обойтись одноконтактной монтажной опорой и одним соединительным проводом и, наконец, можно отказаться вообще от монтажных опор и соединительных проводов, повесив резистор на выводах между контактами крупных конденсаторов. Однако в последнем случае надо следить чтобы выводы, на которых висит деталь, не были слишком длинными, иначе деталь будет болтаться и при ударе может замкнуться с соседней; длинные выводы могут и обломиться при тряске. Кроме того, такое нежесткое крепление детали опасно в высокочастотных каскадах еще потому, что при изменении положения детали происходит изменение паразитных емкостей и индуктивностей, а это может вызвать расстройку схемы. Вообще монтаж высокочастотных цепей и каскадов должен быть жестким, особенно это относится к деталям и проводам колебательных контуров. Поэтому иногда приходится идти на установку дополнительных монтажных опор, чтобы сократить длину выводов деталей и более жестко укрепить их. Например, для этого приходится один вывод

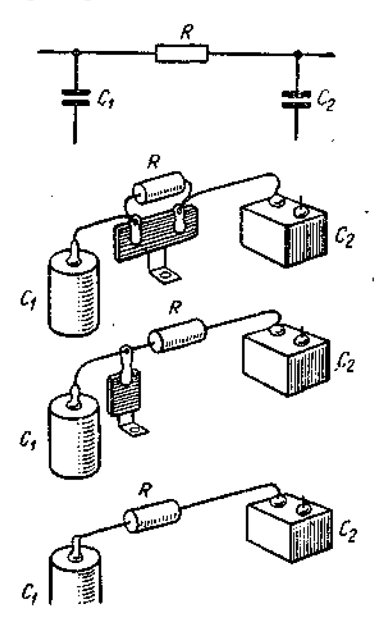
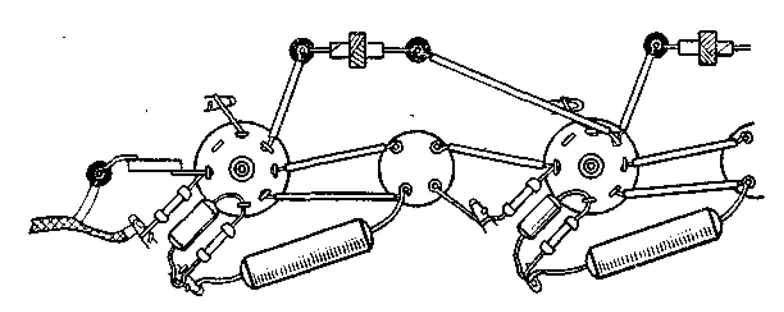


Рис. 30. Три варианта соединения деталей.


Рис. 31. Пример навесного монтажа.

детали укреплять на контактах ламповой панели (рис. 31), другой вывод — на монтажной опоре, а дальнейшее соединение производить монтажным проводом.

Монтажную опору приходится применять и в том случае, если в данной точке соединяются две детали с мягкими выводами.

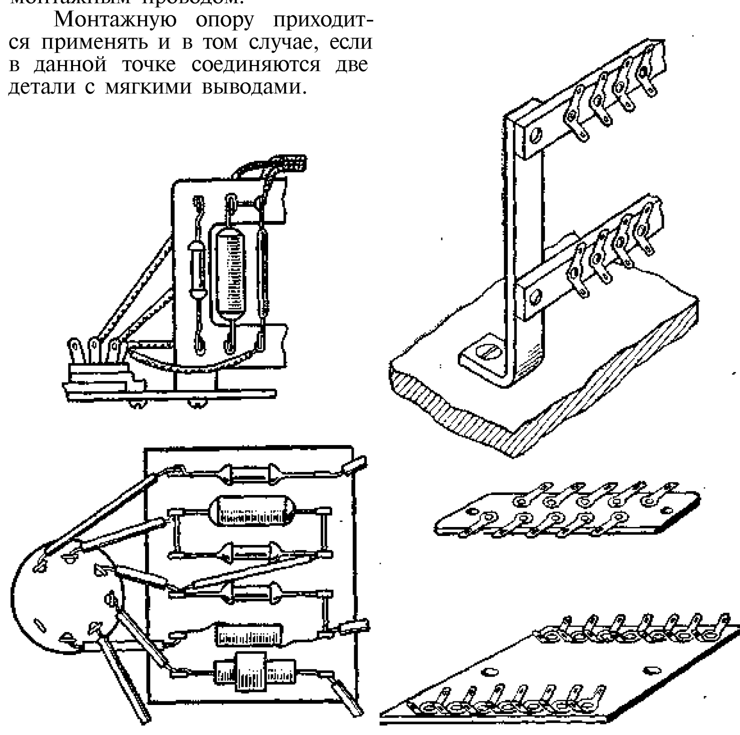


Рис. 32. Пример применения монтажной платы.

Рис. 33. Конструкция монтажных планок и плат.

В низкочастотных каскадах вероятность возникновения паразитных связей меньше, поэтому при монтаже этих каскадов используют дополнительные монтажные платы (распивочные панели). На этих платах монтируют мелкие резисторы и конденсаторы с одной или двух сторон (рис. 32). К остальной схеме идут только соединительные провода. Эти монтажные платы представляют собой небольшие изоляционные платы с контактами, к. которым и припаивают выводы деталей и концы соединительных проводов Как видно из рис. 33, конструкция монтажных плат может быть самой различной. К шасси они крепятся с помощью угольников и скоб.

При монтаже часто приходится вести на значительное расстояние пучок проводов. В этом случае их надо связать в жгут (рис. 34— на этом рисунке показано, как надо правильно вязать жгут крепкими нитками) и с помощью скоб прикрепить к шасси (рис. 35). В этот же жгут может быть введен и провод в экранирующей оплетке, если

по условиям работы этот провод должен быть экранирован от остальных. В местах прохода жгута через шасси или панель (даже через изоляционную панель) надо вставить мягкие резиновые изоляционные втулки или надеть на жгут толстую полихлорвиниловую трубку, иначе изоляция проводов может перетереться об острые стенки шасси и произойдет замыкание.

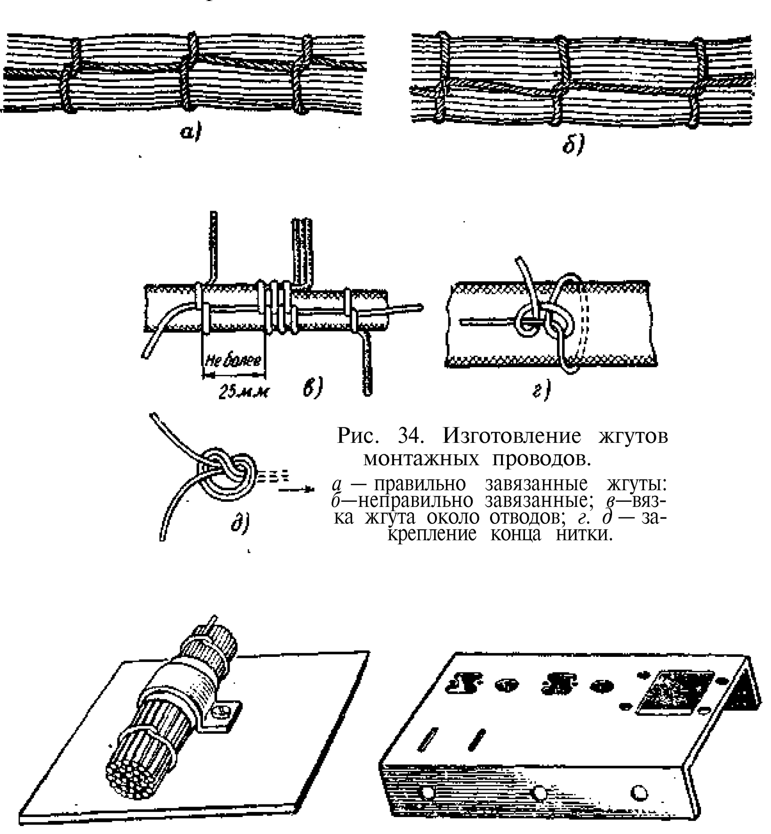


Рис. 34. Изготовление жгутов монтажных проводов.

а — правильно завязанные жгуты: *б*—неправильно завязанные; *в*—вязка жгута около отводов; *г*, *д* — закрепление конца нитки.

Рис. 35. Крепление жгута к шасси при помощи скобы.

Рис. 36. Шасси с «подвалом».

При монтаже ламповой аппаратуры обычно применяют металлическое шасси с «подвалом» (рис. 36), так как для питания ламповой схемы необходим тяжелый трансформатор питания, большие высоковольтные электролитические конденсаторы и прочие тяжелые детали, которые обычно крепят на этом же шасси. Но в последнее время блок питания ламповой аппаратуры часто делают самостоятельным, а схему радиоаппарата монтируют на облегченных изоля-

ционных панелях. При изготовлении же транзисторной аппаратуры в подавляющем большинстве случаев в качестве шасси используют плату из изоляционного материала (гетинакс, текстолит) толщиной 3—5 *мм*. Транзисторы на такой плате крепят так, как показано на рис. 37. Часто их дополнительно приклеивают клеем БФ Мощные транзисторы снабжают теплоотводом — массивной металлической пластинкой, к которой транзистор прижимают винтами через от-

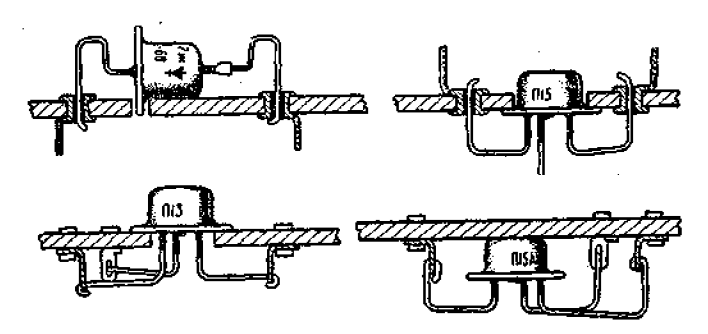


Рис. 37. Монтаж маломощных диодов и транзисторов.

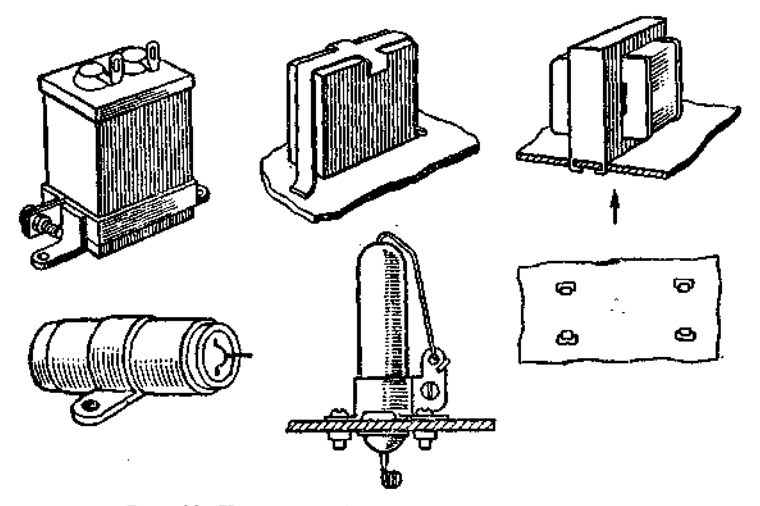


Рис. 38. Крепление больших деталей на шасси.

верстия в корпусе транзистора или с помощью специальной накидной шайбы. Если транзистор сильно нагревается и с теплоотводом, значит надо увеличить поверхность теплоотвода, например, снабдив его ребрами.

Большие детали на шасси крепят винтами с гайками за фланцы или ушки, которые есть у деталей, или с помощью специальных

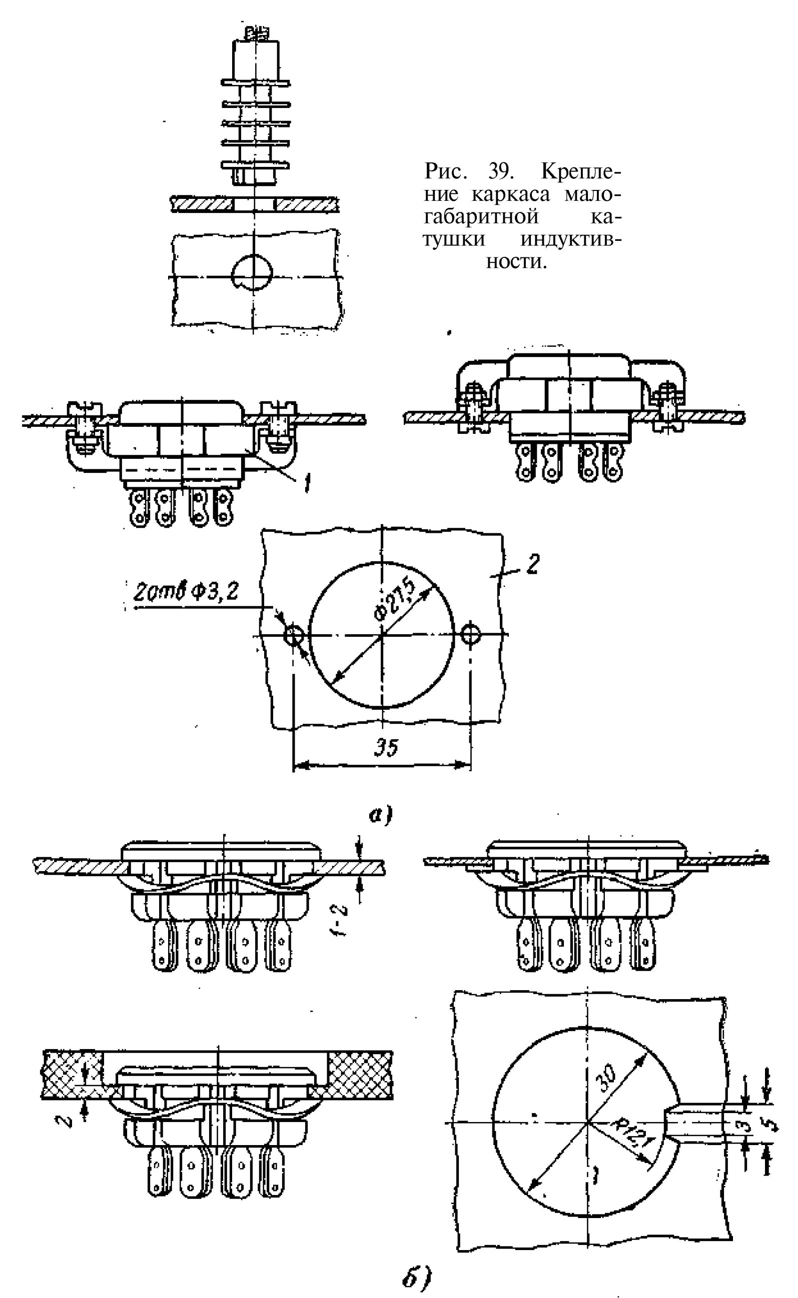


Рис. 39. Крепление каркаса малогабаритной катушки индуктивности.

Рис. 40. Крепление ламповых панелей.
а — с помощью кольца; б — с помощью накидного хомута.

металлических хомутиков (рис. 38). Некоторые детали имеют специальные лапки, которые пропускают в отверстия шасси и загибают. Малогабаритные контурные катушки, имеющие фигурный замок, крепят на изоляционной планке так, как это показано на рис. 39: каркас вставляют в фигурное отверстие и поворачивают.

Ламповые панели крепят либо за фланцы, либо с помощью специальных накидных хомутиков (рис. 40, *а)*, либо пружинными кольцами (рис. 40, *б)*. Если толщина шасси менее 1 *мм,* то под пружинное кольцо надо подложить шайбу, и, наоборот, если толщина шасси более 2 *мм,* то отверстие делают с уступом.

Печатный монтаж. При печатном монтаже все навесные детали (в большинстве они имеют цилиндрическую или прямоугольную форму) располагают на печатной плате либо параллельно друг другу вдоль по плате, либо перпендикулярно друг другу, либо смешанно. Как уже было сказано, в некоторых случаях применяют вертикальную установку деталей, при которой деталь устанавливают перпендикулярно плате, один вывод детали пропускают в отверстие в плате и припаивают к печатному проводнику, а второй (верхний) вывод загибают вниз вдоль детали и тоже пропускают в отверстие в плате и припаивают. Плотность такого монтажа значительно выше обычного; соответственно уменьшаются размеры радиоаппарата, но при этом надо учитывать, что вибростойкость вертикального монтажа зависит от веса, объема и длины деталей, а также от жесткости и прочности выводов.

При размещении деталей на печатной плате надо не забывать о паразитных связях между ними и относящимися к ним печатными проводниками, а также то, что паразитные связи в печатном монтаже более значительны, чем в проволочном. Поэтому при размещении деталей надо придерживаться следующих правил.

1. Всегда стремиться к тому, чтобы печатные проводники были возможно короче.

2. Не прокладывать рядом и параллельно друг другу входные и выходные цепи одного каскада (например, сеточные и анодные, базовые и коллекторные).

3. Размещение деталей начинать со входа схемы и в первую очередь соединять между собой цепи, наиболее чувствительные к внешним воздействиям, например цепи базы и управляющей сетки. Как правило, с этими же цепями связаны конденсаторы малой емкости и катушки колебательных контуров, которые размещают сразу же вслед за предшествующими цепями. Вслед за ними размещают коллекторные цепи. В ламповых схемах вслед за размещением анодных цепей размещают цепи остальных сеток, затем цепи анодного питания, цепи накала и последней размещают цепи «земли». При такой последовательности на печатной плате цепи, наиболее чувствительные к внешним полям, оказываются самыми короткими.

4. Вход и выход схемы должны быть разнесены возможно дальше друг от друга, поэтому предпочтение следует отдавать прямоугольным удлиненным платам.

5. Не следует прокладывать рядом проводники цепей накала и катода, их надо отдалять друг от друга экранирующим (заземленным) проводником.

Компоновку печатного монтажа обычно производят аппликационным методом. Для этого на тонком картоне или плотной бумаге вычерчивают необходимые проекции всех деталей схемы. Внутри каждого изображения проставляют его схемное обозначение; отме-

чают положение контактов, выводов, их полярность, положение отверстий креплений, цоколевку выводов и т. п. Затем вырезают по контуру изображения элементов и, раскладывая аппликации внутри прямоугольника, изображающего плату, находят наивыгоднейшее их положение.

Когда аппликационная компоновка печатной платы выполнена, приступают к вычерчиванию печатной схемы Это весьма ответственный и серьезный этап работы. Основная трудность — правильно расположить печатные проводники как с точки зрения радиотехники (об этих требованиях было сказано выше), так и с точки зрения технологии изготовления печатной схемы. Идеальный случай — никаких пересечений, так как если печатные проводники пересекаются, го приходится один из проводников разрывать, делать у этого проводника две монтажные площадки («пятачок», в центре которого просверлено отверстие для вывода детали или провода — такие «пятачки» устанавливают для каждого вывода каждой детали, а также для внешних проводников, подключаемых к печатной схеме), а между этими площадками с обратной стороны платы (со стороны навесного монтажа) впаивать проволочную перемычку, иногда называемую фальшдеталь.

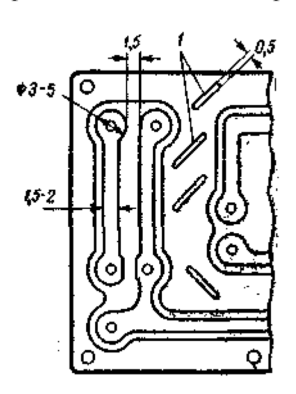


Рис. 41. Пример печатной схемы.

i — технологические просветы.

Форма печатных проводников, допустимое минимальное расстояние между ними, размеры монтажных площадок показаны на рис. 41. «Земляной» печатный проводник обычно окантовывает печатную плату. Через отверстия в этом проводнике (этот проводник должен быть широкий, не менее 3—4 *мм,* с широкими монтажными площадками) плата крепится к металлическому каркасу и тем самым заземляется.

Когда чертеж платы полностью подготовлен, его с помощью копировальной бумаги переносят на фольгированный гетинакс, точнее — на его фольгу. Фольгированный гетинакс (марка ГФ) — это гетинакс, обклеенный медной фольгой; толщина фольги от 0,02 до 0,5 *мм.* Наибольшее применение имеет гетинакс с толщиной фольги 0,05 *мм.* Надо постараться достать готовый фольгированный гетинакс — он бывает в магазинах, в которых продаются некондиционные радиодетали. В крайнем случае можно попытаться изготовить фольгированный гетинакс самостоятельно. Для этого поверхность гетинаксовой пластинки сделайте шероховатой при помощи мелкой шкурки и промойте спиртом или ацетоном. Таким же образом обработайте и фольгу с той стороны, которой она будет приклеена к гетинаксу. Затем смажьте фольгу и гетинакс тонким слоем клея БФ-2 и дайте ему подсохнуть в течение 10—15 *мин.* Вторично смажьте фольгу и гетинакс клеем и приложите фольгу к гетинаксу, следя, чтобы между фольгой и гетинаксом не было воздушных пузырьков. Прогладьте тщательно фольгу тряпкой, стараясь выдавить из-под фольги все пузырьки. Теперь надо как можно сильнее сжать склеен-

ные фольгу и гетинакс. Лучше всего зажать их между двумя металлическими пластинами, проложив между фольгой и пластиной несколько слоев ватмана. Пластины надо сжать струбцинами или винтами, для которых по краям пластин сверлят отверстия. Сжатые фольгу с гетинаксом сначала выдерживают в течение часа при комнатной температуре, а затем 3 *ч* — при температуре 120° С.

Переведя на фольгу чертеж печатного монтажа, в местах, где должны быть отверстия, набивают керном углубления. Затем те части фольги, которые должны оставаться на плате, аккуратно закрашивают нитролаком, цапонлаком или асфальтобитумным лаком; можно применить и другие кислотоупорные лаки. После высыхания лака рисунок ретушируют, прочищают просветы между проводниками и т. п.

Далее готовят раствор хлорного железа плотностью 1,3: в стакан емкостью 200 $см^3$ кладут 150 *г* хлорного железа и наливают его до краев водой. Раствор выливают в кислотоупорную кювету и погружают в него плату. Кювету надо энергично (но осторожно!) покачивать. Травление продолжается около 1 ч, но если раствор подогреть до 40° С, плата вытравится за 10—15 *мин.*

После травления плату надо хорошо промыть попеременно в холодной и горячей воде.

Остается ее обрезать и в местах углублений, набитых керном, просверлить отверстия диаметром 1—1,5 *мм.*

ПОДГОТОВКА ДЕТАЛЕЙ К МОНТАЖУ

Перед пайкой деталей и проводов в схему их надо подготовить: выпрямить выводы, зачистить их, соответствующим образом изогнуть (последнее особенно важно при подготовке деталей к печатному монтажу, так как выводы должны точно войти в отверстия в печатной плате), наконец, надо залудить выводы. Правда, подавляющее большинство современных радиодеталей имеет посеребренные или залуженные выводы и они в дополнительном залуживании не нуждаются. Однако если вывод окислился или сильно загрязнен, то его нужно почистить и залудить с минимальным количеством припоя (иначе потом нельзя будет изогнуть). При этом надо следить за тем, чтобы отверстие в контактном лепестке осталось свободным от припоя — для этого лепесток надо протереть тряпочкой еще до затвердевания припоя.

При изгибе выводов надо помнить, что расстояние от тела детали до сгиба должно быть не менее 5 *мм,* иначе возможно повреждение детали; особенно «нежны» в этом отношении транзисторы и полупроводниковые диоды, у которых трескается и выкрашивается стеклянный изолятор вывода.

Более сложна подготовка к монтажу проводов: их надо выпрямить (это делают вытягиванием провода), снять изоляцию с кончика, закрепить изоляцию и залудить кончик провода. При снятии изоляции нельзя допускать надреза жилы, так как надрезанная жила от тряски и ударов обязательно переломится; это может случиться даже с многопроволочной жилой, если несколько ее проволочек будет надрезано. А надрезать жилу при снятии изоляции ножом очень легко. Поэтому на радиозаводах для снятия полихлорвиниловой или ей подобной термопластичной изоляции пользуются специальным обжигающим приспособлением (рис. 42, а): накаливающимся кончиком приспособления прожигают в изоляции кольцевую ка-

навку на нужном расстоянии от обреза провода и затем пальцами сдвигают этот кусочек изоляции с конца провода, обнажая жилу. Как видно из рисунка, такое приспособление нетрудно изготовить самому; в качестве накаливающегося стержня можно использовать нихромовую проволоку. Для снятия нетермопластичной изоляции пользуются специальными кусачками (рис. 42,*б*), у которых винтом регулируется глубина закусывания губок ромбовидной формы.

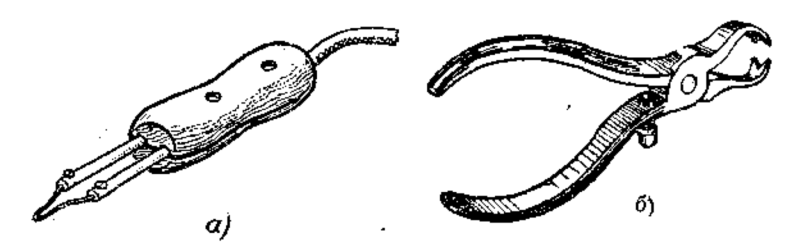


Рис. 42. Приспособления для снятия изоляции монтажных проводов.
а — путем обжига; б — специальные кусачки.

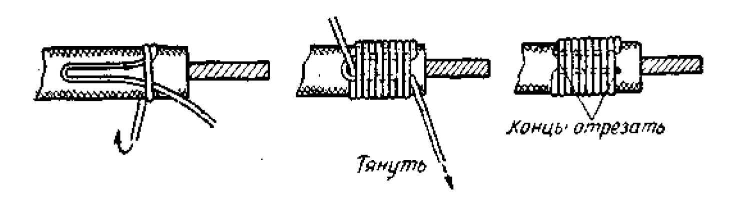


Рис. 43. Заделка конца монтажного провода ниточным бандажом.

При некотором навыке можно обойтись обычными бокорезами: изоляцию провода лишь слегка надкусывают губками и в таком положении бокорезов рывком стягивают изоляцию с конца провода. Обычно надреза жилы при этом не происходит, но за этим надо следить и если губки бокорезов все же захватили жилу, то лучше обрезать провод и зачистить вновь.

Если провод имеет волокнистую изоляцию или дополнительную волокнистую оплетку, то ее нужно закрепить нитроклеем или ниточным бандажом, как это показано на рис. 43; можно вместо этого на изоляцию надеть короткий отрезок полихлорвиниловой трубки соответствующего диаметра.

Более сложна заделка концов экранированного провода. Могут быть два случая; надо закрепить изоляцию и металлическую оплетку на конце провода или же надо не только произвести такое закрепление, но и вывести «заземляющий» проводник от экранирующей оплетки. В первом случае изоляцию и экранирующую оплетку закрепляют ниточным бандажом так же, как было описано выше. Надо только следить, чтобы изоляция была обрезана на меньшую длину, чем экранирующая оплетка, иначе может произойти замыкание жилы провода на экранирующую оплетку. Для закрепления

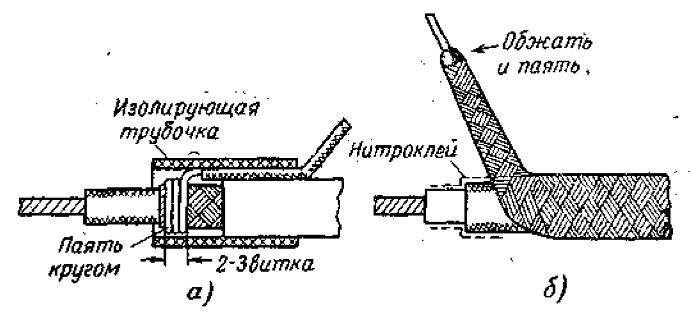


Рис. 44. Заделка конца экранированного провода.

а — вывод заземления при помощи монтажного проводника; *б* — использование в качестве вывода излишка экранирующей оплетки.

оплетки можно применить и проволочный бандаж, пропаяв его, К этому же проволочному бандажу можно припаять заземляющий вывод (гибкий монтажный провод), а затем надеть на бандаж изолирующую трубку (рис. 44, а). Заземляющий вывод можно сделать непосредственно из конца экранирующей оплетки (рис. 44,*б*).

МОНТАЖНАЯ ПАЙКА

Монтажная пайка радиоэлектронной аппаратуры имеет некоторые особенности по сравнению с обычной пайкой. Прежде всего монтажная пайка производится без применения кислотного флюса, а только с помощью канифоли или раствора канифоли в спирте (часто с добавлением специальных веществ). К сожалению, совсем без флюса паять нельзя, так как на спаиваемых поверхностях, какими бы чистыми они не казались, присутствует пленка окиси, причем она особенно интенсивно образуется в момент нагрева поверхностей паяльником. Флюс же растворяет окислы и защищает поверхности во время нагрева. Однако флюс не должен загрязнять спаиваемые поверхности, оставлять на них корку нагара и т. п. Поэтому в качестве флюса надо применять чистую, прозрачную, светлую канифоль, которая дает значительно меньше дыма и нагара, чем канифоль красновато-бурого цвета. Применять же хлористый цинк или нашатырь нельзя, так как пайка с такими флюсами со временем окисляется и ее электропроводные свойства нарушаются.

Надо подчеркнуть, что качество пайки при монтаже радиоаппаратуры должно быть очень высоким. Для этого спаиваемые поверхности, выводы деталей, контактные лепестки, жилы проводов должны быть чистыми или тщательно зачищенными, флюс высокого качества, а паяльник чистым и хорошо залуженным. Лучше всего пользоваться небольшим электрическим паяльником мощностью 50—60 *вт*. Стержень паяльника должен быть длиной 50—70 *мм* и диаметром не более 6—7 *мм*. Некоторые любители предпочитают работать торцевыми паяльниками (стержень прямой), другие любят паяльниками с загнутым стержнем. Впрочем, в последнее время в продаже появились паяльники со сменными стержнями — это очень удобно, так как к одним пайкам можно подобраться только торце-

вым стержнем, а к другим только загнутым. Вообще лучше иметь два-три паяльника: небольшой для мелких работ, особенно с деталями, боящимися нагрева, средний (мощностью около 60 *вт)* и мощный паяльник (150—300 *вт*) для пайки шасси, корпусов, экранов.

Очень большое значение для получения хорошей пайки имеет правильная температура паяльника. Если паяльник «холодный», то припой плавится медленно, поэтому паяльник приходится очень долго держать прижатым к выводам и контактам деталей, они перегреваются и выходят из строя или их параметры значительно изменяются. Кроме того, плохо расплавленный припой часто только прилипает к плохо прогретым спаиваемым поверхностям и пайка получается непрочной. Со временем она либо отваливается, либо шапка припоя разбалтывается на контакте, что является причиной тресков, шорохов в громкоговорителе и прочих помех.

Пайка перегретым паяльником тоже получается непрочной, шероховатой, темной. На жале перегретого паяльника припой плохо держится и потому им трудно набрать припой; кроме того, жало быстро покрывается коркой нагара и перегоревшей канифоли. Канифоль, соприкасаясь с жалом перегретого паяльника, с шипением разбрызгивается, выделяя большое количество дыма.

При нормальном нагреве паяльника припой быстро плавится, хорошо набирается на рабочую часть стержня, а канифоль остается на ней в виде кипящих капелек. Регулируют нагрев паяльника изменением напряжения — для этого паяльник включают в сеть через автотрансформатор.

При монтажной пайке применяют сравнительно легкоплавкие оловянно-свинцовые припои ПОС-40 или ПОС-60 (цифры указывают содержание олова в процентах веса). Наиболее легкоплавкий ПОС-60, поэтому именно его следует применять при монтаже радиоаппаратуры на полупроводниковых приборах, очень чувствительных к нагреву.

Не все провода и металлы паяются одинаково. Например, провода из константана и манганина паяются так же хорошо, как медные и стальные. А вот нихром и подобные ему сплавы на никелевой основе плохо паяются оловянно-свинцовыми припоями. Поэтому пайку проводов этих сплавов производят следующим образом. Нихромовый провод обматывают вокруг контакта, к которому он должен быть припаян, и поверх делают бандаж из тонкой медной проволоки. Затем все это пропаивают. При остывании припой вследствие усадки плотно прижмет нихромовый провод к контакту.

Пайку деталей из алюминия и его сплавов производят несколько иначе, чем медных и стальных сплавов. Вначале спаиваемые поверхности нагревают и энергично зачищают ножом или стальной щеткой. Если деталь небольшая, то для нагрева используют паяльник, если же деталь крупная, то ее нагревают на электроплитке. Когда деталь прогреется, на место пайки наносят припой, растирая пруток припоя на поверхности детали и вновь энергично зачищая место пайки сквозь расплавленный припой, Излишек припоя стирают тряпкой. Залуженные таким образом поверхности паяют, как обычно, с применением в качестве флюса канифоли.

При проволочном монтаже конец провода или вывод детали должен быть механически закреплен на контакте, к которому он припаивается. Пайка мягким оловянно-свинцовым припоем механически непрочна, поэтому она не должна нести никаких механических нагрузок — ее дело лишь создавать хороший электрический контакт.

Прочность контакта должна обеспечиваться механическим закреплением вывода детали на контакте, для чего все контакты и лепестки имеют специальные отверстия или фигурные вырубки, в которых перед пайкой механически закрепляют вывод детали или конец провода, как это показано на рис. 45. Однако закрепленный таким об-

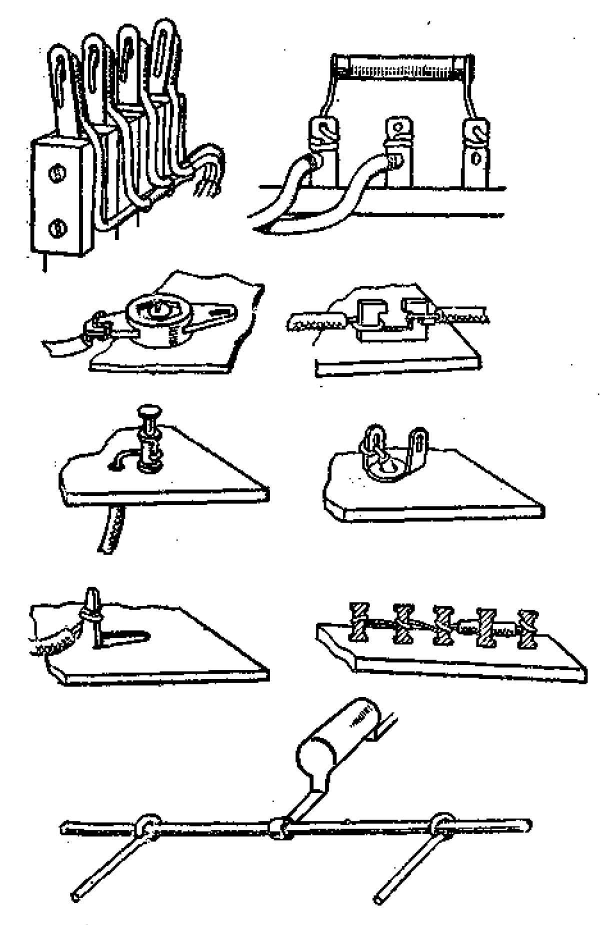


Рис. 45. Примеры крепления выводов на контактах.

разом вывод очень трудно извлечь из контакта при замене детали и приходится не распаивать контакт, а откусывать вывод (не надо даже пытаться распаять контакт, так как придется дергать вывод и брызги расплавленного припоя могут замкнуть соседние контакты или, еще хуже, попасть в глаза!). Поэтому при монтаже макета

или при подборе номинала детали достаточно лишь пропустить вывод в отверстие контакта.

И еще одно правило монтажа навесных деталей: их надо устанавливать таким образом, чтобы хорошо были видны надписи, т.е. можно было прочесть сопротивление данного резистора или емкость конденсатора, не вынимая деталь из монтажа.

Закрепив вывод детали или провод на контакте, приступают собственно к пайке соединения. Для этого соединение слегка смачивают флюсом, затем жало паяльника опускают в канифоль, набирают припой и прикладывают стержень паяльника к месту спая. Не следует набирать много припоя: прочность пайки от этого не увеличится, а могут произойти затекания припоя на другие контакты, замыкания и т. п. Припой должен только слегка покрыть место спая. Во время затвердевания припоя спаиваемые детали должны быть неподвижны. Не следует долго нагревать выводы резисторов и конденсаторов и место пайки не должно находиться от тела детали ближе 5—8 *мм.* Особенно чувствительны к нагреву транзисторы и полупроводниковые диоды — при пайке их выводов место пайки должно отстоять от тела прибора не менее чем на 8—10 *мм* и надо обязательно применять теплоотвод: вывод между телом транзистора и местом пайки зажать плоскогубцами или толстым пинцетом (рис. 46).

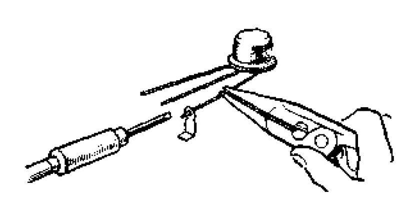


Рис. 46. Применение термоотвода для защиты деталей от перегрева при пайке.

В заключение надо отметить, что при пайке мягкими припоями, т. е. припоями с большим содержанием свинца, выделяются ядовитые пары. Кроме того, пары канифоли загрязняют воздух и вызывают воспаление слизистой оболочки глаз и дыхательных путей. Поэтому помещение, в котором происходит пайка, надо как можно чаще проветривать. И еще один совет: если вы обожглись, то как можно скорее смочите обожженное место спиртом или тройным одеколоном.

Монтажные провода, их назначение и конструктивные данные

Марка провода	Наименование провода	Рабочее напряжение, *в*: переменное	Рабочее напряжение, *в*: постоянное	Рабочая температура, °С	Сечение, *мм*²	Диаметр в изоляции не более, *мм*: без экрана	Диаметр в изоляции не более, *мм*: в экране	Сопротивление при 20° С не более, *ом/км*	Основное назначение провода
	Провода с пластмассовой изоляцией								
МГВ	Многопроволочный, изолированный полихлорвиниловым пластиком	380	500	—50 ÷ +70	0,1 0,2 0,35 0,5 0,75 1,0	1,4 1,5 1,7 1,9 2,1 2,5	— — — — — —	210 100 58 41,3 26,8 20,5	Для неподвижного монтажа
МГВЛ	Многопроволочный, изолированный полихлорвиниловым пластикатом, с дополнительной оплеткой из хлопчатобумажной пряжи, лакированный	380	500	—50 ÷ +70	0,35 0,5 0,75 1,0 2,0 5,0	2,6 2,7 2,9 3,3 4,1 5,5	3,2 3,3 3,5 3,9 4,7 6,1	58 41,3 26,8 20,5 10,2 3,9	Для монтажа с возможным перемещением
МГВЛЭ	То же, но экранированный								

Марка провода	Наименование провода	Рабочее напряжение, *в*: переменное	Рабочее напряжение, *в*: постоянное	Рабочая температура, °C	Сечение, *мм*	Диаметр в изоляции не более, *мм*: без экрана	Диаметр в изоляции не более, *мм*: в экране	Сопротивление при 20° С не более, *ом/км*	Основное назначение провода
МГВСЛ	Многопроволочный, изолированный полихлорвиниловым пластикатом, в оплетке из стекловолокна, лакированный	380	500	—50÷ +90	0,35	2,2	2,8	59	Для неподвижного монтажа и при эксплуатации радиоаппаратуры в тяжелых климатических условиях; в частности при повышенной температуре
					0,5	2,4	3,0	41,3	
					0,75	2,6	3,2	26,8	
					1,0	3,1	3,5	20,5	
					2,0	3,7	4,3	10,2	
МГВСЛЭ	То же (экранированный)				3,0	4,3	4,9	6,3	
МГШВ	Многопроволочный с пленочной изоляцией в полихлорвиниловой оболочке	380	—	—50÷ +70	0,12	1,3	—	147	Для неподвижного монтажа при работе в условиях повышенной влажности
		1 000	—		0,2	1,6	2,2	100	
			—		0,35	1,9	2,5	57	
			—		0,5	2,2	2,8	40	
			—		0,75	2,5	3,3	27	
			—		1,0	2,8	—	20	
			—		1,5	3,0	—	13	
МГШВЭ	То же (экранированный)								
МГШП	Многопроволочный с шелковой и полиэтиленовой изоляцией								
МГШПЭ	То же (экранированный)								

МШВ	Однопроволочный с изоляцией из шелка и полихлорвинилового пластиката	380	—	—50÷ +70	0,07	1,0	—	280	Для жесткого неподвижного монтажа при работе в условиях повышенной влажности
			—		0,2	1,6	—	98	
			—		0,35	1,9	—	57	
		1 000	—		0,5	2,0	—	40	
			—		0,75	2,3	—	27	
			—		1,0	2,6	—	20	
			—		1,5	2,7	—	13	
МШП	Однопроволочный с волокнистой и полиэтиленовой изоляцией								
ПМВ	Однопроволочный, изолированный полихлорвиниловым пластиком	380	—	—50÷ +60	0,2	1,3	—	92	То же
					0,35	1,7	—	53	
					0,5	1,8	—	37	
					0,75	2,2	—	25	
ПМВГ	Многопроволочный, изолированный хлопчатобумажной пряжей или стекловолокном и полихлорвиниловым пластиком	380	500	—50÷ +60	0,2	2,0	—	102	Для неподвижного монтажа при работе в условиях повышенной влажности
					0,35	2,2	—	63	
					0,5	2,4	—	40	
					0,75	2,6	—	30	
ПМОВ	Однопроволочный, изолированный хлопчатобумажной пряжей или стекловолокном и полихлорвиниловым пластиком	380	500	—50÷ +60	0,2	1,9	—	92	Для жесткого неподвижного монтажа при работе в условиях повышенной влажности
					0,35	2,0	—	53	
					0,5	2,1	—	37	
					0,75	2,3	—	25	

Марка провода	Наименование провода	Рабочее напряжение, в: переменное	Рабочее напряжение, в: постоянное	Рабочая температура, °C	Сечение, мм	Диаметр в изоляции не более, мм: без экрана	Диаметр в изоляции не более, мм: в экране	Сопротивление при 20° C не более, ом/км	Основное назначение провода
	Провода с волокнистой и пленочной изоляцией								
МГСЛ	Многопроволочный с обмоткой и оплеткой из стекловолокна, лакированный	127	—	—60÷ +90	0,2	1,6	2,2	98	Для неподвижного монтажа, для работы при повышенной температуре
					0,35	1,8	2,4	56	
					0,5	1,9	2,5	38	
					0,75	2,1	2,7	25	
					1,0	2,3	2,9	18,4	
					1,5	2,6	3,2	13,8	
МГСЛЭ	То же, но экранированный								
МГЦСЛ	Многопроволочный с пленочной изоляцией, в обмотке из стекловолокна или асбеста, в оплетке из стекловолокна, лакированный	220	—	—60÷ +90	0,35	2,1	2,7	56	Для неподвижного монтажа и выводов катушек, для работы при повышенной температуре
					0,5	2,3	2,9	38	
					0,75	2,6	3,2	25	
					1,0	2,7	3,3	18,4	
					1,5	3,0	3,6	13,8	
					2,5	3,5	4,1	8,0	
					4,0	4,4	5,0	5,0	
МГЦСЛЭ	То же, но экранированный								
МГЦШП	Многопроволочный с пленочной изоляцией, с двойной обмоткой и под-	220	—	—60÷ +90	0,05	1,0	—	390	Для монтажа подвижного и неподвижного блоков радиоаппаратуры,
					0,07	1,1	—	275	
					0,2	1,7	—	98	

	клеенной оплеткой из полиамидного волокна				0,35 0,5 0,75 1,0 1,5 2,5 4,0 6,0	1,9 2,2 2,5 2,7 2,9 3,3 4,1 4,7	— — — — — — — —	56 38 25 18,4 13,0 8,0 5,0 3,3	для работы при повышенной температуре
МГШ	Многопроволочный, в оплетке из полиамидного волокна	24	—	—60 ÷ +90	0,05 0,07 0,1	0,6 0,7 0,8	— — —	450 300 210	Для монтажа с постоянным перемещением во время работы при повышенной температуре
МГШД	Многопроволочный с обмоткой из полиамидного волокна	60	—	—60 ÷ +90	0,05 0,07 0,1 0,2 0,35 0,5	0,7 0,8 0,9 1,0 1,2 1,3	— — — — — —	390 275 195 98 56 38	Для подвижного и неподвижного монтажа, для работы при повышенной температуре
МГШДЛ	То же, что МГШД, но лакированный	220	—	—60÷90	0,05 0,07 0,1 0,2 0,35 0,5	0,8 0,9 1,0 1,3 1,4 1,5	— — — — — —	390 270 195 98 56 38	Для неподвижного монтажа для работы при повышенной температуре

Марка провода	Наименование провода	Рабочее напряжение, *в*		Рабочая температура, °C	Сечение, *мм*	Диаметр в изоляции не более, *мм*		Сопротивление при 20° C не более, *ом/км*	Основное назначение провода
		переменное	постоянное			без экрана	в экране		
МГДШО	Многопроволочный с двойной обмоткой и оплеткой из полиамидного волокна	127	—	—60÷ +90	0,05 0,07 0 2 0,35 0,5 0,75 1,0 1,5 2,5 4,0 6,0	1,0 1 1 1,7 1,9 2,2 2,5 2,7 2,9 3,3 4,1 4,7	— — — — — — — — — — —	390 275 98 56 38 25 18,4 13,0 8,0 5,0 3,3	Для подвижного и неподвижного монтажа, для работы при повышенной температуре
МГШДОП	То же, но с подклеенной оплеткой								
МШДЛ	Однопроволочный с двойной обмоткой из полиамидного волокна, лакированный	220	—	—60÷ +90	0,1 0,2 0,35 0,5 0,75	0,9 1,1 1,3 1,4 1,6	— — — — —	184 92 53 37 25	Для жесткого монтажа, для работы при повышенной температуре

МЭШДЛ	То же, но с дополнительной эмалевой изоляцией								

Провода с резиновой изоляцией

МР	Однопроволочный с резиновой изоляцией	380	500	—40÷ +65	0,35 0,5 0 75 1,0 1,5	2,3 2,4 2,6 2,8 3,0	— — — — —	52,8 36,8 24,6 18,4 12,3	Для жесткого монтажа
МРГ	Многопроволочный с резиновой изоляцией	380	500	—40÷ +65	0,35 0,5 0,75 1,0 1,5	2,7 3,0 3,2 3,4 3,6	— — — — —	52,8 36,8 24,6 18,4 12,3	Для жесткого монтажа
МРГЛ	Многопроволочный с резиновой изоляцией, в оплетке из хлопчатобумажной пряжи, лакированный	380	500	—40÷ +65	0,35 0,5 0,75 1,0 1,5	3,8 4,1 4,3 4,5 4,7	— — — — —	52,8 36,8 24,6 18,4 12,3	Для неподвижного монтажа при работе в условиях повышенной влажности

Марка провода	Наименование провода	Рабочее напряжение, в		Рабочая температура, °С	Сечение, мм	Диаметр в изоляции не более, мм		Сопротивление при 20° С не более, ом/км	Основное назначение провода
		переменное	постоянное			без экрана	в экране		
МРГП	Многопроволочный с резиновой изоляцией, в оплетке, пропитанной парафином	380	500	—40÷+65	0,35 0,5 0,75 1,0 1,5 2,5	3,4 3,7 3,9 4,1 4,3 5,1	4,4 4,7 4,9 5,1 5,3 —	52,8 36,8 24,6 18,4 12,3 6,1	Для неподвижного монтажа
МРГПЭ	То же, но экранированный								
МРЛ	Однопроволочный с резиновой изоляцией, в оплетке из хлопчатобумажной пряжи, лакированный	380	500	—40÷+65	0,35 0,5 0,75 1,0 1,5	3,4 3,5 3,7 4,0 4,3	— — — — —	52,8 36,8 24,6 18,4 12,3	Для жесткого монтажа при работе в условиях повышенной влажности
МРП	Однопроволочный с резиновой изоляцией, в оплетке из хлопчатобумажной пряжи, пропитанной парафином	380	500	—40÷+65	0,35 0,5 0,75 1,0 1,5	3,0 3,1 3,3 3,6 3,9	— — — — —	52,8 36,8 24,6 18,4 12,3	Для жесткого монтажа

Марки обмоточных медных проводов

Марка	Наименование провода	Максимальная допустимая температура, °С	Диаметр по меди, *мм*
ПКР-1 ПКР-2	Провод со сплошной капроновой изоляцией (утолщенной для ПКР-2)	105	0,72—2,44
ПЛБД	Провод с обмоткой из шелка лавсан и хлопчатобумажной пряжи	105	0,38—4,10
ПЛД	Провод с обмотками из шелка лавсан в два слоя	120	0,38—1,30
ПСД	Провод с обмоткой из стекловолокна с подклейкой и пропиткой нагревостойким лаком	155	0,31—4,80
ПСДК	Провод с обмоткой из стекловолокна с подклейкой и пропиткой кремнийорганическим лаком	180	0,31—4,80
ПСДКТ	Провод с обмоткой из стекловолокна с подклейкой и пропиткой кремнийорганическим лаком, теплостойкий	300	0,31—1,56
ПЭВ	Провод, изолированный эмалевым высокопрочным покрытием	105	0,02—0,05
ПЭВ-1 ПЭВ-2	Провод, изолированный эмалевым высокопрочным покрытием (утолщенным для ПЭВ-2)	105	0,06—0,47

Марка	Наименование провода	Максимальная допустимая температура, °С	Диаметр по меди, мм
ПЭВКЛ	Провод, изолированный эмалевым высокопрочным покрытием на основе капроновой смолы	105	0,1—0,15
ПЭВЛО	Провод, изолированный эмалевым высокопрочным покрытием и обмоткой из шелка лавсан	105	0,06—1,25
ПЭВТЛ-1 ПЭВТЛ-2	Провод, изолированный эмалевым высокопрочным покрытием (с утолщенным для ПЭВТЛ-2) на основе полиуретанового лака, теплостойкий (провод обслуживается без предварительной зачистки эмали и без применения травильных составов)	120	0,06—1,56
ПЭЛ	Провод с эмалевым лакостойким покрытием	90	0,03—2,44
ПЭЛО	Провод с эмалевым лакостойким покрытием и обмоткой из шелка лавсан	105	0,05—2,10
ПЭЛШО	Провод с эмалевым лакостойким покрытием и шелковой обмоткой	90	0,05—1,56
ПЭМ-1 ПЭМ-2	Провод с эмалевым лакопрочным покрытием (утолщенным для ПЭМ-2) из лака металвин	105	0,06—2,44

Марка	Наименование провода	Максимальная допустимая температура, °С	Диаметр по меди, *мм*
ПЭПЛО	Провод с эмалевым высокопрочным и нагревостойким покрытием и обмоткой из шелка лавсан (провод облуживается без предварительной зачистки эмали и без применения специальных травильных составов)	120	0,06—1,30
ПЭТВ	Провод с эмалевым теплостойким и высокопрочным покрытием	130	0,06—2,44
ПЭТВ-Р	Провод с эмалевым теплостойким и высокопрочным покрытием для обмоток реле	200	0,02—0,20
ПЭТЛО	Провод с эмалевым высокопрочным теплостойким покрытием и обмоткой из шелка лавсан	130	0,06—1,30



Максимальный наружный диаметр медных обмоточных проводов в различной изоляции

Диаметр по меди, *мм*	ПЭВ, ПЭТВ-Р	ПКР-1, ПЭВ-1, ПЭВТЛ-1, ПЭЛ, ПЭМ-1	ПКР-2, ПЭВ-2, ПЭВКЛ, ПЭВТЛ-2, ПЭТВ	ПЭЛО, ПЭЛШО	ПЭВЛО, ПЭПЛО, ПЭТЛО	ПСДКТ	ПЛД	ПЛБД	ПСД, ПСДК
0,02	0,035	—	—	—	—	—	—	—	—
0,025	0,04	—	—	—	—	—	—	—	—
0,03	0,045	0,045	—	—	—	—	—	—	—
0,04	0,055	0.055	—	—	—	—	—	—	—
0,05	0,065	0,065	—	0,13	—	—	—	—	—
0,06	0,085	0,075	0,09	0,14	0,17	—	—	—	—
0,07	0,095	0,085	0,10	0,15	0,18	—	—	—	—
0,08	0,105	0,095	0,11	0,16	0,19	—	—	—	—
0,09	0,115	0,105	0,12	0,17	0,20	—	—	—	—
0,10	0,125	0,12	0,13	0,18	0,21	—	—	—	—
0,11	0,135	0,13	0,14	0,19	0,22	—	—	—	—
0,12	0,145	0,14	0,15	0,20	0,23	—	—	—	—
0,13	0,155	0,15	0,16	0 21	0,24	—	—	—	—
0,14	0,165	0,16	0,17	0,22	0,25	—	—	—	—
0,15	0,18	0,17	0 19	0,23	0,27	—	—	—	—
0,16	0,19	0,18	0,20	0,24	0,28	—	—	—	—
0,17	0,20	0,19	0,21	0,25	0,29	—	—	—	—
0,18	0,21	0,20	0,22	0,26	0,30	—	—	—	—
0,19	0,22	0,21	0,23	0,27	0,31	—	—	—	—
0,20	0,23	0.225	0,24	0,30	0,32	—	—	—	—
0,21	—	0,235	0,25	0 31	0,33	—	—	—	—
0,23	—	0,255	0,28	0,33	0,37	—	—	—	—
0,25	—	0,275	0,30	0,35	0,39	—	—	—	—
0,27	—	0,31	0,32	0,38	0,41	—	—	—	—
0,29	—	0,33	0,34	0,40	0,43	—	—	—	—
0,31	—	0,35	0,36	0,48	0,45	0,46	—	—	0,55
0,33	—	0,37	0,38	0,45	0,47	0,48	—	—	0,57
0,35	—	0,39	0,41	0,47	0,49	0,50	—	—	0,59
0,38	—	0,42	0,44	0,50	0,52	0,53	0,57	0,59	0,62
0,41	—	0,45	0,47	0,53	0 55	0,56	0,60	0,62	0,65
0,44	—	0,49	0,50	0,56	0,59	0,59	0,63	0,65	0,68
0,47	—	0,52	0,53	0,59	0,62	0,62	0,66	0,68	0,71
0,49	—	0,54	0,55	0,61	0,64	0,64	0,68	0,70	0,73
0,51	—	0,56	0,58	0,64	0,67	0,66	0,70	0;72	0,77
0,53	—	0,58	0,60	0,66	0,69	0,70	0,72	0,74	0,79
0,55	—	0,60	0,62	0,68	0,71	0,72	0,74	0,76	0,81

Диаметр по меди, мм	ПЭВ, ПЭТВ-Р	ПКР-1, ПЭВ-1, ПЭВТЛ-1, ПЭЛ, ПЭМ-1	ПКР-2, ПЭВ-2, ПЭВКЛ, ПЭВТЛ-2, ПЭТВ	ПЭЛО, ПЭЛШО	ПЭВЛО, ПЭЛЛО, ПЭТЛО	ПСДКТ	ПЛД	ПЛБД	ПСД, ПСДК
0,57	—	0,62	0,64	0,70	0,73	0,74	0,76	0,78	0,83
0,59	—	0,64	0,66	0,72	0,75	0,76	0,78	0,80	0,85
0,62	—	0,67	0,69	0,75	0,78	0,79	0,81	0,83	0,88
0,64	—	0,69	0,72	0,77	0,81	0,81	0,83	0,85	0,90
0,67	—	0,72	0,75	0,80	0,84	0,84	0,86	0,88	0,93
0,69	—	0,74	0,77	0,82	0,86	0,86	0,88	0,90	0,95
0,72	—	0,78	0,80	0,86	0,90	0,895	0,92	0,94	0,99
0,74	—	0,80	0,83	0,88	0,93	0,915	0,94	0,96	1,01
0,77	—	0,83	0,86	0,91	0,96	0,945	0,97	0,99	1,04
0,80	—	0,86	0,89	0,94	0,99	0,975	1,00	1,02	1,07
0,83	—	0,89	0,92	0,97	1,02	1,005	1,03	1,05	1,10
0,86	—	0,92	0,95	1,00	1,05	1,035	1,06	1,08	1,13
0,90	—	0,96	0,99	1,04	1,09	1,075	1,10	1,12	1,17
0,93	—	0,99	1,02	1,07	1,12	1,105	1,13	1,15	1,20
0,96	—	1,02	1,05	1,10	1,15	1,135	1,16	1,18	1,23
1,00	—	1,07	1,11	1,15	1,20	1,195	1,22	1,25	1,29
1,04	—	1,12	1,15	1,20	1,24	1,24	1,26	1,29	1,33
1,08	—	1,16	1,19	1,24	1,28	1,28	1,30	1,33	1,37
1,12	—	1,20	1,23	1,28	1,32	1,32	1,34	1,37	1,41
1,16	—	1,24	1,27	1,32	1,36	1,36	1,38	1,41	1,45
1,20	—	1,28	1,31	1,36	1,40	1,40	1,42	1,45	1,49
1,25	—	1,33	1,36	1,41	1,45	1,45	1,47	1,50	1,54
1,30	—	1,38	1,41	1,46	1,50	1,50	1,52	1,55	1,59
1,35	—	1,43	1,46	1,51	—	1,55	—	1,60	1,64
1,40	—	1,48	1,51	1,56	—	1,60	—	1,65	1,69
1,45	—	1,53	1,56	1,61	—	1,65	—	1,70	1,74
1,50	—	1,58	1,61	1,68	—	1,70	—	1,75	1,79

Марки обмоточных проводов сопротивления

Марка	Наименование провода	Удельное сопротивление, *ом·мм²/м*	Максимально допустимая температура, °С	Диаметр токопроводящей жилы, *мм*
ПЭВКМ-1, ПЭВКМ-2	Провод константовый мягкий, изолированный эмалевым высокопрочным покрытием (с утолщенным слоем для ПЭВКМ-2)	0,45—0,48	105	0,1—0,4
ПЭВКТ-1, ПЭВКТ-2	Провод константановый твердый, изолированный эмалевым высокопрочным покрытием (с утолщенным слоем для ПЭВКТ-2)	0,46—0,52	105	0,03—0,4
ПЭВНХ-1	Провод нихромовый, изолированный эмалевым высокопрочным покрытием	1,07	105	0,02—0,4
ПЭК	Провод константановый твердый, изолированный эмалью	0,46—0,52	90	0,03—1,0
ПЭММ	Провод манганиновый мягкий, изолированный эмалью	0,40—0,48	90	0,03—1,0

Марка	Наименование провода	Удельное сопротивление, *ом·мм^2/м*	Максимально допустимая температура, °С	Диаметр токопроводящей жилы, *мм*
ПЭМТ	Провод манганиновый твердый, изолированный эмалью	0,43—0,50	90	0,03—1,0
ПЭМС	Провод манганиновый стабилизированный, изолированный эмалью	0,42—0,48	105	0,05—0,8
ПЭНХ	Провод нихромовый (из сплава Х20Н80 или Х15Н60), изолированный эмалью	1,07 (для Х20Н80) 1,08 (для Х15Н60)	90	0,03—0,4
ПЭШОК	Провод константановый твердый, изолированный эмалью и обмоткой из искусственного шелка	0,46—0,52	90	0,05—1,0
ПЭШОММ	Провод манганиновый мягкий, изолированный эмалью и обмоткой из искусственного шелка	0,40—0,48	90	0,05—1,0
ПЭШОМТ	Провод манганиновый твердый, изолированный эмалью и обмоткой из искусственного шелка	0,43—0,50	90	0,05—1,0

Приложение 5

Максимальный наружный диаметр и сопротивление постоянному току обмоточных проводов сопротивления

Диаметр токопроводящей жилы, *мм*	Максимальный наружный диаметр, *мм*								Сопротивление постоянному току, *ом/м*					
	ПЭК	ПЭММ, ПЭМТ	ПЭВКМ-1, ПЭВКТ-1, ПЭВНХ-1	ПЭНХ	ПЭМС	ПЭВКМ-2, ПЭВКТ-2	ПЭШОК	ПЭШОММ, ПЭШОМТ	ПЭВКМ-1, ПЭВКМ-2, ПЭШОМТ, ПЭМТ, ПЭМС	ПЭШОММ, ПЭММ	ПЭВКТ-1, ПЭВКТ-2, ПЭШОК, ПЭК	ПЭВНХ-1	ПЭНХ Сплав Х20Н80	ПЭНХ Сплав Х15Н60
0,02	—	—	0,04	—	—	—	—	—	—	—	—	3 374	—	—
0,025	—	—	0,045	—	—	—	—	—	—	—	—	2 160	—	—
0,03	0,045	0,05	0,05	0,05	—	0,06	—	—	659	—	693	1 500	1 500	1 528
0,035	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,04	0,055	0,06	0,065	0,06	—	0,07	—	—	370	—	390	844	844	857
0,05	0,065	0,07	0,075	0,075	0,08	0,09	0,13	0,135	237	229	250	535	535	550
0,06	0,075	0,08	0,09	0,085	0,09	0,10	0,14	0,145	164	159	173	379	379	386
0,07	0,085	0,09	0,10	0,095	0,10	0,12	0,15	0,155	121	117	127	278	278	281
0,08	0,095	0,10	0,11	0,105	0,11	0,14	0,16	0,165	92,5	89,6	97,5	213	213	216
0,09	0,105	0,11	0,12	0,115	—	0,15	0,17	0,175	73,1	70,8	77,0	168	168	170
0,10	0,12	0,13	0,14	0,14	0,15	0,16	0,185	0,195	59,2	57,3	62,4	136	136	138
0,11	—	—	—	0,15	—	—	—	—	—	—	—	—	113	114
0,12	0,14	0,15	0,16	0,16	0,17	0,18	0,205	0,215	41,1	39,8	43,6	94,7	94,7	95,7
0 13	—	—	—	0,17	—	—	—	—	—	—	—	—	80,6	81,3
0,14	—	—	—	0,18	—	—	—	—	—	—	—	—	69,5	70,2
0,15	0,17	0,18	—	0,19	0,20	—	0,285	0,245	26,3	25,5	27,7	—	60,5	61,1

Диаметр токопроводящей жилы, *мм*	Максимальный наружный диаметр, *мм*								Сопротивление постоянному току, *ом/м*					
	ПЭК	ПЭММ, ПЭМТ	ПЭВКМ-1, ПЭВКТ-1, ПЭВНХ-1	ПЭНХ	ПЭМС	ПЭВКМ-2, ПЭВКТ-2	ПЭШОК	ПЭШОММ, ПЭШОМТ	ПЭВКМ-1, ПЭВКМ-2, ПЭШОМТ, ПЭМТ, ПЭМС	ПЭШОММ, ПЭММ	ПЭВКТ-1, ПЭВКТ-2, ПЭШОК, ПЭК	ПЭВНХ-1	ПЭНХ	
													Сплав X20H80	Сплав X15H60
0,16	—	—	0,20	—	—	0,22	—	—	23,1	—	23,3	53,2	—	—
0,18	0,20	0,21	0,22	—	—	0,24	0,265	0,275	18,0	17,7	19,0	42,1	—	—
0,20	0,23	0,24	0,25	0,245	0,25	0,26	0,30	0,31	14,8	14,3	15,6	34,1	34,1	34,4
0,22	—	—	0,27	0,265	—	0,28	—	—	12,1	—	12,9	28,2	28,2	28,4
0,23	—	—	—	0,28	—	—	—	—	—	—	—	—	25,8	26,0
0,24	—	—	—	0,29	—	—	—	—	—	—	—	—	23,7	23,9
0,25	0,28	0,29	0,305	0,31	0,31	0,31	0,35	0,36	9,50	9,17	9,98	21,8	21,8	22,0
0,30	0,34	0,34	0,355	0,36	0,37	0,36	0,41	0,41	6,60	6,37	6,93	15,2	15,2	15,3
0,35	0,39	0,41	0,415	0,42	0,43	0,42	0,46	0,48	4,62	4,68	4,86	9,98	11,1	11,3
0,40	0,44	0,46	0,455	0,47	0,48	0,46	0,51	0,53	3,70	3,58	3,90	8,52	8,52	8,59
0,45	0,50	0,52	—	—	—	—	0,57	0,59	2,92	2,93	2,92	—	—	—
0,5	0,55	0,57	—	—	0,59	—	0,62	0,54	2,37	2,29	2,37	—	—	—
0,55	0,60	0,63	—	—	—	—	0,67	0,70	1,96	1,89	1,96	—	—	—
0,6	0,65	0,68	—	—	0,70	—	0,72	0,75	1,64	1,59	1,65	—	—	—
0,65	0,71	0,74	—	—	—	—	0,78	0,81	1,40	1,36	1,40	—	—	—
0,7	0,76	0,79	—	—	0,81	—	0,83	0,86	1,21	1,17	1,21	—	—	—
0,8	0 86	0,89	—	—	0,91	—	0,93	0,96	0,925	0,896	0,925	—	—	—
0,9	0,96	0,99	—	—	—	—	1,03	1,06	0,731	0,708	0,731	—	—	—
1,0	1,07	1,10	—	—	—	—	1,14	1,17	0,592	0,573	0,592	—	—	—

ЛИТЕРАТУРА

1. Бортновский Г. А., Печатные схемы в радиолюбительских конструкциях, Госэнергоиздат, 1959.

2. Згут М. А., Условные обозначения и радиосхемы, изд-во «Энергия», 1964.

3. Зарх И. М., Справочное пособие по монтажу и регулировке радиоэлектронной аппаратуры, Лениздат, 1966.

4. Винников И. 3., Паяльные работы, изд-во «Высшая школа», 1966.

5. Рязанов К. Б., Толмасский И. С, Радиотехнические электроизоляционные материалы, изд-во «Энергия», 1967.

6. Шрайбер Л. Я., Макушев Э. И., Печатные схемы в радиотехнике, изд-во «Энергия», 1967.

7. Джонсон Р., Как строить радиоаппаратуру, изд-во «Энергия», 1968.

8. Толмасский И. С, Высокочастотные магнитные материалы, изд-во «Энергия», 1968.

ОГЛАВЛЕНИЕ